SCIENTIA

Rivista internazionale di sintesi scientifica

Vol. 112
Annus LXXI - 1977

International Review of Scientific Synthesis

Direzione Scientifica - Scientific Editorial Board

PIERO CALDIROLA
LUDOVICO GEYMONAT
GIUSEPPE MONTALENTI

IST. PINCHERLE
INVENTARIO N. 20854

INDEX 1977

UNIVERSITA' DI BOLOGNA
BIBLIOTECA MATEMATICA
Inventario N.

Editor N. BONETTI

Index 1977

Annus LXXI - Vol. 112

IX - X - XI - XII	BAŽENOV L. B.	
	La proprietà di semplicità di principio dei costrutti teorici	655
	The Property of Simplicity of Principle of Theoretical Constructions	673
I - II - III - IV	BELARDELLI F.	
	Il 'caso Lysenko' nel quadro dei rapporti tra il marxismo e le scienze naturali	9
	The 'Lysenko Affair' in the Framework on the Relations between Marxism and the Natural Sciences	33
V - VI - VII - VIII	CASAGRANDE F.	
	L'introduzione del cronone nella teoria classica e quantistica dell'elettrone	401
	The Introduction of the Chronon into the Classical and Quantum Theory of the Electron	417
I - II - III - IV	FEIWEL G. R.	
	Full Employment: How, What and for Whom?	139
	Piena occupazione: come, cosa, per chi?	155
IX - X - XI - XII	FEIWEL G. R.	
	Planner's Tensions and Inflationary Pressures in Centrally Planned Economies	757
	Pressioni del pianificatore e tensioni inflazionistiche nelle economie pianificate centralmente	773
I - II - III - IV	FINOCCHIARO M. A.	
	Galileo's Philosophy of Science Part I: A Case Study of the Role of Judgment and of Philosophizing in Science	95
	La filosofia della scienza di Galileo *Parte I: Uno studio sul ruolo del giudizio e del filosofare nella scienza*	119
V - VI - VII - VIII	FINOCCHIARO M. A.	
	Galileo's Philosophy of Science Part II: A Case Study of Interdisciplinary Synthesis	371
	La filosofia della scienza di Galileo *Parte II: Uno studio sulla sintesi interdisciplinare*	387
I - II - III - IV	FORTI G.	
	Struttura ed evoluzione nel linguaggio e negli esseri viventi	55
	Structure and Evolution in Language and in Living Beings	69
IX - X - XI - XII	KIMURA M.	
	The Neutral Theory of Molecular Evolution and Polymorphism	687
	La teoria neutrale dell'evoluzione molecolare ed il polimorfismo	709

V - VI - VII - VIII — LEICESTER H. M.
The Mystique of Vitamins 361
La mistica delle vitamine 367

I - II - III - IV — MONTALENTI G.
Riflessioni sul 'caso Lysenko' 5
Considerations on the 'Lysenko Affair' 7

V - VI - VII - VIII — MOULIN L.
Identité européenne et système de valeurs 439
Identità europea e sistema di valori 449
European Identity and System of Values 457

IX - X - XI - XII — MUSGRAVE A. E.
Explanation, Description, and Scientific Realism 727
Spiegazione, descrizione e realismo scientifico 743

V - VI - VII - VIII — PAPISCA A.
Mezzi di espressione del cittadino in un sistema socio-politico in formazione 465
The Citizen's Means of Expression in Developing a Socio-political System 483

I - II - III - IV — POST E. J.
Uncertainty and Metric Structure 81
Indeterminazione e struttura metrica 89

V - VI - VII - VIII — PRIGOGINE I. et STENGERS I.
La Nouvelle Alliance 287
Première partie: De la dynamique à la thermodynamique: la progressive ouverture de la physique au monde des processus naturels
La Nuova Alleanza 305
Prima parte: Dalla dinamica alla termodinamica: la progressiva apertura della fisica al mondo dei processi naturali
The New Alliance 319
Part one - From Dynamics to Thermodynamics: Physics, the Gradual Opening towards the World of Natural Processes

IX - X - XI - XII — PRIGOGINE I. et STENGERS I.
La Nouvelle Alliance 617
Deuxième partie - L'élargissement de la dynamique: vers une science humaine de la nature
La Nuova Alleanza 631
Seconda parte - L'estensione della dinamica: verso una scienza umana della natura
The New Alliance 643
Part two - An Extended Dynamics: towards a Human Science of Nature

V - VI - VII - VIII — RENSCH B.
Panpsychistic Identism and its Meaning for a Universal Evolutionary Picture 337
'Identismo' panpsichistico e suo significato per una visione universale dell'evoluzione 351

V - VI - VII - VIII — TATTI A.
L'Europa fra passato e avvenire 429
Europe between Past and Future 435

Informazioni sulla ricerca - Information on Research

I - II - III - IV — Progetto di ricerca per una rete tra i centri di Calcolo di Istituzioni Universitarie e Scientifiche in Italia 51
Joint Research Project for a Computer Network among Educational and Scientific Institutions in Italy 53

V - VI - VII - VIII — Sistemi di basi di dati: esperienze e ricerche 333
Data Base Systems: Experience and Research 335

IX - X - XI - XII — Un modello matematico del bacino dell'Arno 723
Mathematical Model of the Arno Basin 725

Cronache - Reports

I - II - III - IV — AMALDI E.
Attualità di Volta nella Fisica moderna 171
Volta's Validity in Modern Physics 181

V - VI - VII - VIII — BELLONE E.
Crolli, costruzioni e dizionari: congetture sulla storia della scienza 499
Collapses, Constructions and Dictionaries: Conjectures on the History of Science 507

V - VI - VII - VIII — MONDELLA F.
Biologia, Bionica e animali artificiali 513
(Conferenza del Prof. E. Urbani)
Biology, Bionics and Artificial Animals 515
(*Paper by Prof. E. Urbani*)

IX - X - XI - XII — MEADOWS A. J.
The Problem of Refereeing 787
Il problema del 'Refereeing' 795

IX - X - XI - XII — GIULOTTO L.
Alessandro Volta nella storia della fisica 801
Alessandro Volta in the History of Physics 813

Recensioni - Book Reviews

I - II - III - IV	***	
	Scienza & Tecnica '77: Enciclopedia della Scienza e della Tecnica, Vol. 10 - *F. Canobbio-Codelli*	189
I - II - III - IV	AITCHISON J. and DUNSMORE I. R.	
	Statistical Prediction Analysis - *B. de Finetti*	194
I - II - III - IV	KLINE M.	
	La matematica nella cultura occidentale - *G. Moraglia*	194
I - II - III - IV	BOGDAN R. J. (ed.)	
	Local Induction - *D. Costantini*	197
I - II - III - IV	FANO G.	
	Algebra lineare e serie di funzioni ortonormali - *M. Bertero*	200
I - II - III - IV	HUXTABLE D. H. R. (ed.)	
	Studies in Operating Systems - *A. Lepschy*	202
I - II - III - IV	BACCETTI B. and AFZELIUS B. A.	
	The Biology of the Sperm Cell - *G. Montalenti*	204
I - II - III - IV	JEON K. W. (ed.)	
	The Biology of Amoeba - *G. Montalenti*	206
I - II - III - IV	CARLILE M. J. (ed.)	
	Primitive Sensory and Communication Systems - *G. Montalenti*	208
I - II - III - IV	BARSANTI G. (ed.)	
	Jean-Baptiste Lamarck - *G. Montalenti*	209
I - II - III - IV	GANS C. and DAWSON W. R. (eds.)	
	Biology of the Reptilia - *B. Lanza*	210
I - II - III - IV	PRAKASH I. and GHOSH P. K. (eds.)	
	Rodents in Desert Environments - *B. Lanza*	212
I - II - III - IV	STURKIE P. D. (ed.)	
	Avian Physiology - *M. Sarà*	216
I - II - III - IV	ZUELCH K. J., CREUTZFELDT O. and GALBRAITH G. C. (eds.)	
	Cerebral Localization - *L. Rositani-Ronchi*	217
I - II - III - IV	BOYCE J. K. and EVENSON R. E.	
	Agricultural Research and Extension Programs - *E. Galante*	220

INDEX

I - II - III - IV	ARNON I. The Planning and Programming of Agricultural Research - *E. Galante*	221
I - II - III - IV	POLJAKOFF-MAYBER A. and GALE J. (eds.) Plants in Saline Environments - *E. Galante*	222
I - II - III - IV	WILHELM F. Schnee- und Gletscherkunde - *A. Sestini*	225
I - II - III - IV	GINSBURG R. N. (ed.) Tidal Deposits - *A. Nazzaro*	228
I - II - III - IV	JEFFREYS H. The Earth - *P. Caloi*	231
I - II - III - IV	HAUSNER H. H. and SMITH W. E. (eds.) Modern Developments in Powder Metallurgy - *P. Cavallotti*	232
I - II - III - IV	*** Magnetic Properties of Coordination and Organometallic Transition Metal Compounds - *V. Lorenzelli*	234
I - II - III - IV	*** Structure Data of Free Polyatomic Molecules - *V. Lorenzelli*	235
I - II - III - IV	SMITH R. A. (ed.) Very High Resolution Spectroscopy - *V. Lorenzelli*	236
I - II - III - IV	COLOMBO G. La scienza infelice - *M. Tricarico*	238
V - VI - VII - VIII	LAUTMAN A. Essai sur l'unité des mathématiques et divers écrits - *E. Bellone*	517
V - VI - VII - VIII	LAKATOS I. and MUSGRAVE A. (eds.) Critica e crescita della conoscenza - *C. Bicchieri - P. Tucci*	519
V - VI - VII - VIII	HUXLEY J. La genetica sovietica e la scienza - *G. Montalenti*	524
V - VI - VII - VIII	LENZER G. (ed.) Auguste Comte and Positivism: the Essential Writings - *P. Redondi*	527
V - VI - VII - VIII	LINSTONE H. A. and TUROFF M. (eds.) The Delphi Method: Techniques and Applications - *G. Geymonat - G. Lolli*	531

V - VI - VII - VIII	HUANG T. S. (ed.) Picture Processing and Digital Filtering - *G. Viano*	537
V - VI - VII - VIII	SONA A. (ed.) Lasers and their Applications - *C. Pontiggia*	539
V - VI - VII - VIII	MAMIANI M. Isaac Newton filosofo della natura - *B. Carazza*	541
V - VI - VII - VIII	DITCHBURN R. W. Light - *L. Rositani-Ronchi*	543
V - VI - VII - VIII	ZIKMUND V. (ed.) The Oculomotor System and Brain Functions - *L. Rositani-Ronchi*	544
V - VI - VII - VIII	*** Physics of Quantum Electronics - *P. Cavallotti*	546
V - VI - VII - VIII	MCQUILLIN F. J. Homogeneous Hydrogenation in Organic Chemistry - *P. Cavallotti*	547
V - VI - VII - VIII	TOWNSEND A. A. The Structure of Turbulent Shear Flow - *P. Caloi*	549
V - VI - VII - VIII	TELFORD W. M., GELDART L. P., SHERIFF R. E. and KEYS D. A. Applied Geophysics - *P. Caloi*	550
V - VI - VII - VIII	BERRY M. Principles of Cosmology and Gravitation - *P. Caloi*	552
V - VI - VII - VIII	TAZIEFF H. Vulcani e tettonica - *G. Luongo*	555
V - VI - VII - VIII	WALLWORK J. A. The Distribution and Diversity of Soil Fauna - *M. Sarà*	557
V - VI - VII - VIII	RICKLEFS R. E. Ecologia - *M. Sarà*	558
V - VI - VII - VIII	EASTOP V. F. and HILLE RIS LAMBERS D. Survey of the World's Aphids - *A. Vigna Taglianti*	560
V - VI - VII - VIII	JACOBS W. and SEIDEL F. Systematische Zoologie: Insekten - *A. Vigna Taglianti*	562
V - VI - VII - VIII	FERGUSON J. K. and MULLER J. (eds.) The Evolutionary Significance of the Exine - *G. Sarfatti*	564

V - VI - VII - VIII	FORD T. D. and CULLINGFORD C. H. D. (eds.) The Science of Speleology - *L. Trevisan*	566
V - VI - VII - VIII	JOPLING A. V. and McDONALD B. C. (eds.) Glaciofluvial and Glaciolacustrine Sedimentation - *L. Trevisan*	567
V - VI - VII - VIII	KAUFMANN A. Applications à la linguistique, à la logique et à la sémantique - *G. De Michelis*	568
V - VI - VII - VIII	BILLIG M. (ed.) Social Psychology and Intergroup Relations - *P. Rizzi*	570
IX - X - XI - XII	BISOGNO P. Introduzione alla politica della scienza - *E. Bellone*	821
IX - X - XI - XII	HINTIKKA J. (ed.) Rudolf Carnap, Logical Empiricist, Material and Perspective - *D. Costantini*	823
IX - X - XI - XII	HOOKER C. A. (ed.) Contemporary Research in the Foundations and Philosophy of Quantum Theory - *E. Beltrametti*	826
IX - X - XI - XII	MONNA A. F. Functional Analysis in Historical Perspective - *U. Bottazzini*	829
IX - X - XI - XII	STEGMÜLLER W. The Structure and Dynamics of Theories - *E. Bellone*	834
IX - X - XI - XII	YAKOWITZ S. J. Computational Probability and Simulation - *B. de Finetti*	837
IX - X - XI - XII	BALABAN A. T. (ed.) Chemical Applications of Graph Theory - *R. Todeschini*	838
IX - X - XI - XII	JAKI S. L. (ed.) J. H. Lambert: Cosmological Letters on the Arrangement of the World-Edifice - *E. Bellone*	841
IX - X - XI - XII	COLOMBO S. Les équations aux dérivées partielles en physique et en mécanique des milieux continus - *G. A. Viano*	843
IX - X - XI - XII	WUETHRICH K. N. M. R. in Biological Research - *A. L. Kovàcs*	844

IX - X - XI - XII	HINKLEY E. D. (ed.) Laser Monitoring of the Atmosphere - *C. Pontiggia*	846
IX - X - XI - XII	MACKEY M. C. Ion Transport through Biological Membranes - *R. Morchio*	848
IX - X - XI - XII	MULLER H. J. The Modern Concept of Nature	850
	LEWONTIN R. C. The Genetic Basis of Evolutionary Change *F. Mondella*	
IX - X - XI - XII	MAYR E. Evolution and the Diversity of Life: Selected Essays - *G. Montalenti*	860
IX - X - XI - XII	HARRIS H. The Principles of Human Biochemical Genetics - *L. Terrenato*	863
IX - X - XI - XII	COHEN J. Reproduction - *A. Monroy*	865
IX - X - XI - XII	CZIHAK G. (ed.) The Sea Urchin Embryo Biochemistry and Morphogenesis - *G. Montalenti*	867
IX - X - XI - XII	KIEFER J. (ed.) Radiation and Cellular Control Processes - *N. Loprieno*	868
IX - X - XI - XII	LLINÀS R. and PRECHT W. (eds.) Frog Neuro-biology - *A. Stefanelli*	870
IX - X - XI - XII	MARGALEF R. Ecologia - *G. Montalenti*	872
IX - X - XI - XII	PEARSON R. and PEARSON L. The Vertebrate Brain - *A. Stefanelli*	875
IX - X - XI - XII	ABBOTT I. A. and HOLLENBERG G. J. Marine Algae of California - *E. Francini Corti*	876
IX - X - XI - XII	SAUNDERS D. S. Insect Clocks - *G. Montalenti*	878
IX - X - XI - XII	PEBERDY J. F., ROSE A. H., ROGERS H. J. and COCKING E. C. (eds.) Microbial and Plant Protoplasts - *M. Buiatti*	880

INDEX

IX - X - XI - XII	HARZ K. and KALTENBACH A. Die Orthopteren Europas, Vol. 3 - *A. Vigna Taglianti*	882
IX - X - XI - XII	HEITEFUSS R. and WILLIAMS P. H. (eds.) Physiological Plant Pathology - *M. Buiatti*	885
IX - X - XI - XII	COLOUMB J. and JOBERT G. (eds.) Traité de Géophysique interne - *L. Trevisan*	888
IX - X - XI - XII	LOMNITZ C. and ROSENBLUETH E. (eds.) Seismic Risk and Engineering Decisions - *P. Caloi*	890
IX - X - XI - XII	FEIWEL G. R. The Intellectual Capital of Michal Kalecki - *B. de Finetti*	892

Libri ricevuti - Books Received

I - II - III - IV	241-281
V - VI - VII - VIII	573-611
IX - X - XI - XII	895-943

È STATO PUBBLICATO

INDEX GENERALIS 1907-1975

di

SCIENTIA

Rivista internazionale di sintesi scientifica

Presentato dal Prof. Giuseppe Montalenti dell'Istituto di Genetica, Facoltà di Scienze della Università di Roma.

L'Index Generalis consiste di un volume di 100 pagine. In esso sono catalogati oltre 3.500 contributi di scienziati di tutto il mondo pubblicati in Scientia durante 70 anni - una storia del pensiero scientifico in questo secolo fino ad oggi.

Le regole adottate per la produzione dell'Index sono indicate in una Legenda che precede l'opera.

L'elaborazione dei dati è stata attuata dal CNUCE, Istituto del CNR.

Prezzo del volume: Europa L. 2.500, altri Paesi $3.50

Per le richieste rivolgersi a:

SCIENTIA - Edizioni speciali - Via Guastalla 9 - 20122 Milano

JUST PUBLISHED

INDEX GENERALIS 1907-1975

to

SCIENTIA

International Review of Scientific Synthesis

Presented by Professor Giuseppe Montalenti of the Institute of Genetics, Faculty of Sciences, University of Rome.

The Index Generalis consists of a volume of 100 pages. It catalogues more than 3,500 contributions by scientists from the world over published by Scientia over a period of 70 years; it is virtually a history of scientific thought from the beginning of the century up the present time.

The rules adopted in drawing up the Index are explained in a Legend at the beginning of the work.

Data processing was carried out by the CNUCE, Institute of the CNR.

Price of the volume: Europe Lit. 2.500, other Countries $3.50

Orders can be applied to:

SCIENTIA - Edizioni speciali - Via Guastalla 9 - 20122 Milano

VIENT DE PARAÎTRE

INDEX GENERALIS 1907-1975

de

SCIENTIA

Revue internationale de synthèse scientifique

Présenté par le Professeur Giuseppe Montalenti de l'Institut de Génétique, Faculté des Sciences de l'Université de Rome.

L'Index Generalis compte 100 pages. Dans cet Index son groupés plus de 3.500 articles de scientifiques du monde entier publiés par Scientia pendant 70 ans - presque une histoire de la pensée scientifique de notre siècle.

Les principes suivis dans la rédaction de cet Index sont expliqués dans une Legenda qui précède le volume.

L'élaboration des données a été confiée au CNUCE, Institut du CNR.

Prix du volume: Europe 2.500 lires, autres Pays $3.50

Adressez vos demandes à:

SCIENTIA - Edizioni speciali - Via Guastalla 9 - 20122 Milano

SCIENTIA - Via Guastalla 9 - 20122 Milano

SCIENTIA

1907-1977

70° ANNIVERSARIO

Editor: **NORA BONETTI**

SCIENTIA

Annus LXXI
Volume N. 112
I - II - III - IV - 1977

Direzione Scientifica
Scientific Editorial Board
PIERO CALDIROLA
LUDOVICO GEYMONAT
GIUSEPPE MONTALENTI

Rivista SCIENTIA Editrice
Sede Legale, 20122 Milano
Via Guastalla 9
Registrata presso la Cancelleria del
Tribunale di Milano col N. 338
Nora Bonetti - Direttore Responsabile
Printed in Italy
Arti Grafiche SO.PO.AL.

Riflessioni sul 'caso Lysenko'
GIUSEPPE MONTALENTI

La vicenda che si incentra sul nome di T. D. Lysenko ha profondamente commosso e sconcertato i biologi durante circa tre decenni. Il giudizio scientifico e il giudizio morale sono già stati pronunziati in varie occasioni, e sono definitivi, come dimostra il fatto che le autorità politiche dell'URSS hanno dovuto sconfessare la teoria micuriniana e rivalutare la genetica classica. Tuttavia rimane sempre da chiarire quali circostanze abbiano potuto favorire o determinare la posizione che è stata presa nel periodo dell'egemonia staliniana. L'articolo del Dott. Belardelli reca un contributo a questa indagine.

pagina 5

Il 'caso Lysenko' nel quadro dei rapporti tra il marxismo e le scienze naturali
FILIPPO BELARDELLI

Un'indagine sul 'caso Lysenko' esige un'attenta analisi del clima storico, filosofico e scientifico prima e dopo la Rivoluzione di Ottobre. Ricondurre il dibattito sulla genetica in Unione Sovietica nel necessario contesto storico costituisce una premessa fondamentale per la comprensione dei rapporti tra la 'biologia micurinista' e l'ideologia sovietica del periodo staliniano e per individuare gli eventi concreti che determinarono il trionfo delle teorie di Lysenko e la liquidazione del 'mendelismo-morganismo'.
Le tensioni ideologiche implicite nel tentativo di trovare una via nazionale ed accelerata al socialismo, il pericolo di strumentalizzazioni reazionarie della genetica e l'esigenza di compiere una rapida trasformazione dell'agricoltura attraverso la realizzazione dei grandiosi obiettivi dei piani quinquennali rappresentarono fattori essenziali nel determinare l'affermazione dell'originale lamarckismo di Lysenko nei confronti della scuola di N. I. Vavilov. In questa prospettiva si può comprendere questa pagina di storia della scienza, culminata nel 1948 con la famosa sessione dell'Accademia Pansovietica delle Scienze Agrarie Lenin e protrattasi, con fasi alterne, fino al 1964 con la riabilitazione della genetica classica. A distanza di circa trenta anni una lettura delle opere degli agrobiologi sovietici stimola oggi una riflessione sui contenuti vitalistici di tali teorie e su quella visione unilaterale ed antropocentrica del rapporto tra l'uomo e la natura che bene si integrava con un'ontologia materialistico-dialettica, espressione dodominante della filosofia sovietica del periodo staliniano. L'intento della seconda parte dell'articolo è di contestare la legittimità dei riferimenti della scuola di Lysenko al pensiero di Marx ed Engels. Attraverso la critica nei confronti di tentativi più recenti di

trovare nei classici del marxismo conferme a concezioni sostanzialmente neolamarckiane, si espongono alcune considerazioni sui rapporti tra materialismo dialettico e scienze biologiche, nella ricerca di un più attento confronto del pensiero marxista con le recenti acquisizioni della genetica e della biologia molecolare.

pagina 9

Struttura ed evoluzione nel linguaggio e negli esseri viventi

GUIDO FORTI

Si illustra e si discute l'analogia fra sistemi biologici e sistemi linguistici. A partire dalla corrispondenza fra specie e lingue, si mostra che i principi generali della linguistica strutturale di de Saussure hanno una precisa contropartita nel campo biologico.
L'accento è posto in particolare sul principio di arbitrarietà del linguaggio, a cui corrisponde l'arbitrarietà del codice genetico. Al principio metodologico della distinzione fra sincronia e diacronia corrisponde in biologia quello fra studio fisiologico ed evoluzionistico. Dall'arbitrarietà e dalla ridondanza discende la caratteristica fondamentale dei processi evolutivi, secondo lo schema darwiniano di mutazione casuale e selezione naturale, che è indicata col termine trascendenza. Si tratta di processi di evoluzione di strutture non deterministici, innovativi, essenzialmente indeducibili; in una parola, storici.
La relazione di questi principi puramente scientifici colla filosofia dialettica di Hegel, col materialismo storico e con gli evoluzionismi filosofici è brevemente lumeggiata.

pagina 55

Uncertainty and Metric Structure

EVERT J. POST

An interpretation of quantum mechanical uncertainty is obtained by placing limitations on the relevance and use of metric structure in the atomic domain. One so establishes a tie with the metric-free law statements that were uncovered as a by-product of relativity by Kottler, Cartan and van Dantzig (KCD). This modified uncertainty can be identified as a counting uncertainty in the number of residues of cyclic integrals expressing the KCD law statements. These residues are topological invariants that relate to the quanta of charge, action and flux.

pagina 81

Galileo's Philosophy of Science

Part I: A Case Study of the Role of Judgment and of Philosophizing in Science

MAURICE A. FINOCCHIARO

A systematic analysis is made of the philosophical content of Galileo's *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems*. The main result is that it is possible to reconstruct this book as a series of 55 contiguous passages each of which contains a philosophical discussion consisting of a more or less explicit statement of some philosophical thesis (or theses) illustrated by, or providing justification for, concrete scientific topic(s) or example(s). In part I, the analysis is carried out for the first two Days of the book, and the relevance of such a study is justified: 1) with reasons designed to show how and why it constitutes a novel and preferable approach to Galileo's philosophy of science; 2) with a discussion of how and why it supports a defensible element in Paul Feyerabend's methodological anarchism, namely the importance of judgment in science and the consequent importance of the concept of judgment in the philosophy of science; and 3) by reference to Laurens Laudan's approach to the history of the philosophy of science, which emphasizes the interplay of scientific practice and philosophical self-awareness, and the emergence of epistemological and methodological ideas from the former.

pagina 95

Full Employment: how, what and for whom?

GEORGE R. FEIWEL

There are sharp divisions regarding the aim, meaning and content of full employment and the ways of achieving it.
The questions of ways, instruments of policy, institutional arrangements, level, content, and character of full employment constitute a part of political economy par excellence, where not only the logic of the theoretical argument matters, but where the critical problems revolve around the political considerations involved in the acceptability of alternative means and the different interpretations as to the level to be maintained and the character of full employment.
Aside from touching on some of these issues, an attempt is made in this paper to call attention to Kalecki's views on the appropriate policy for full employment, his analysis of the adequancy and relative efficiency of the major alternative ways for achieving full employment, and his reflections on the crucial questions of content and beneficiaries of full employment.

pagina 139

Informazioni sulla ricerca
Informations on Research
pagina 51

CRONACHE - REPORTS

Alessandro Volta - Annus CL

Attualità di Volta
nella Fisica moderna
EDOARDO AMALDI
pagina 171

Recensioni
Book Reviews
pagina 189

Libri ricevuti
Books Received
pagina 241

Riflessioni sul 'caso Lysenko'

GIUSEPPE MONTALENTI
Università di Roma

Quando il 'caso Lysenko' esplose nel 1948, la massima parte dei biologi 'occidentali' prese posizione contraria al nuovo verbo imposto ufficialmente in URSS dal partito bolscevico. Bastava leggere la relazione dell'accademico Trofim Denisovich Lysenko alla sessione dell'Accademia Lenin di Scienze Agrarie, dell'agosto 1948 (relazione che venne largamente diffusa in traduzione nelle principali lingue europee) per persuadersi della inconsistenza della teoria mičurinista-lysenkiana e della assoluta inattendibilità degli esperimenti eseguiti dall'agrobiologo sovietico.
Ciò determinò molto malessere fra i comunisti, che non volevano ammettere che il partito bolscevico dell'URSS avesse commesso un così banale e madornale errore. Si scatenò una violenta campagna di stampa, particolarmente in Italia, ma anche in altri paesi, contro coloro che non volevano accettare la 'verità' che veniva da oriente. Essi furono accusati di essere servi del capitalismo (nella sua espressione mendeliano-morganiana, che Lysenko tacciava di antimaterialismo, di antidarwinismo, di idealismo e di metafisica) incapaci, per ragioni ideologiche, di comprendere e ammettere la 'nuova' teoria scientifica per il solo fatto che veniva proposta con marchio sovietico. In tale occasione parecchi biologi comunisti si dimisero dal partito, o ne furono espulsi (ricordo una caricatura, su di un giornale inglese, in cui si vedeva il grande genetista J. B. S. Haldane, iscritto al partito, degradato ed espulso per avere criticato Lysenko). Alcuni cercarono (in buona fede i meno provveduti, in mala fede altri) di difendere il lysenkoismo e con esso le teorie della Lepešinskaja e di Boš'jan.

Fra gli intellettuali comunisti, quelli che non avevano una solida preparazione biologica, e in particolare alcuni agronomi, si fecero paladini della teoria, e la propagandarono con grande vivacità e molto verbalismo polemico, che suona tristemente vuoto di solide argomentazioni scientifiche.
Questa situazione determinò nei giovani biologi comunisti un senso di smarrimento. Ricordo molte discussioni che ebbi a quel tempo con studenti e giovani laureati. Alla fine dei miei discorsi, alcuni di essi, i comunisti di stretta osservanza, se ne andavano piuttosto delusi, persuasi che il Professore, poveretto, non era sufficientemente aperto alle istanze del so-

cialismo, e non era in grado di distaccarsi dalle ideologie del capitalismo e dell'idealismo.
Passò il tempo, si ebbero i dati per una analisi critica della teoria, si conobbero a poco a poco alcuni dei retroscena della vicenda, e infine la luce della ragione si fece strada anche nelle menti ottenebrate di coloro che — *insaniente sapientia* — avevano giurato *in verba magistri*. Poi venne la sconfessione ufficiale del lysenkoismo anche da parte del governo dell'Unione Sovietica.

Ora ci si può domandare: a che pro rispolverare oggi questa triste pagina di storia della biologia, sulla quale è stato pronunciato un giudizio definitivo? In realtà la sentenza sul merito scientifico è stata largamente diffusa nell'opinione pubblica con la più ampia documentazione, e non è davvero il caso di ritornarci sopra. Tuttavia rimane su questa vicenda un grande interrogativo: come si è potuto giungere a tanto, nel secolo XX, in un paese ricco di una alta tradizione scientifica, da parte di un governo che dimostra la più seria considerazione della ricerca scientifica, e che si inspira ad una filosofia, il marxismo, che tiene in massimo pregio la scienza? Il giudizio negativo è troppo facile, la condanna morale è troppo semplicistica. Occorre indagare e mettere in luce le cause che hanno consentito, anzi determinato, la triste vicenda, che ha avuto così gravi conseguenze, e così profonde implicazioni non soltanto dal punto di vista scientifico, ma anche da quello ideologico e politico.

Ora che la vicenda si è conclusa, e T. D. Lysenko è morto, è giunto il momento propizio per questa riflessione, a cui l'articolo del Dott. Belardelli, che qui pubblichiamo, reca un sostanziale contributo. È da augurare che la riflessione sul caso Lysenko, sulle cause che lo hanno determinato, sulle circostanze che ne hanno consentito lo sviluppo, sia di monito per i giovani, per i politici, per gli scienziati, affinché simili episodi di intolleranza, di sopraffazione, di cecità al lume della ragione non abbiano più a ripetersi in alcun luogo.

G. M.

Considerations on the 'Lysenko Affair'

GIUSEPPE MONTALENTI
Università di Roma

When the 'Lysenko affair' exploded in 1948, most 'Western' biologists took up attitudes opposing the new word officially imposed by the Bolshevik party in the USSR. A reading of the report by the Academician Trofim Denisovich Lysenko to the meeting of the Lenin Academy of Agrarian Science in August 1948 (the report was widely circulated in translation into the major European languages) is sufficient to reveal the fallaciousness of the Mičurinist-Lysenkian theory and the absolute unreliability of the experiments carried out by the Soviet agrobiologist.

This gave rise to much uneasiness among Communists, who were reluctant to admit that the Bolshevik party of the USSR had committed such a banal and glaring blunder. A violent press campaign was unleashed, especially in Italy but also in other countries, against those who refused to accept the 'truth' coming from the East. They were accused of being the lackeys of capitalism (in its Mendelian-Morganist expression, which Lysenko accused of anti-materialism, anti-Darwinism, idealism and metaphysics) ideologically incapable of understanding and accepting the 'new' theory merely because it was stamped with the Soviet hallmark. On this occasion, numerous Communist biologists resigned from the party or else were expelled (I recall a caricature appearing in an English newspaper showing the great geneticist J. B. S. Haldane, a card-carrying member, being cashiered and expelled for having criticized Lysenko). A few attempted (the less well informed in good, the others in bad, faith) to defend Lysenkoism and at the same time the theories of Lepešinskaja and Boš'jan.

Those of the Communist intellectuals who lacked a solid biological background, in particular a few agronomists, became the champions of the theory and spread it about with great eagerness and much polemical verbalism which was sadly lacking in solid scientific arguments.

This situation filled the young Communist biologists with dismay. I remember having many discussions at the time with students and young graduates. When I had finished speaking a few of them, the practising Communists, went away rather disappointed, convinced that the Professor, poor fellow, was still not sufficiently open to socialist ideas and was unable to forgo the ideologies of capitalism and idealism.

The years passed, the data needed for a critical analysis of the theory became available, part of the background to the event became known and the light of reason began to dawn even in the befuddled minds of those who — *insaniente sapientia* — had sworn *in verba magistri*. Then came the official disavowal of Lysenkoism by the government of the Soviet Union as well.

It might well be wondered if there is anything to be gained by digging up the unhappy event in the history of biology on which final judgment has already been pronounced? The decision on the scientific worth has been widely circulated, public opinion has

been supplied with ample proof and there is absolutely no need to go back over it all. Nevertheless, one great doubt hovers over the event — how did this come about in the 20th century, in a country with a strong scientific tradition, with a government with the greatest consideration for scientific research and which believed in a philosophy, Marxism, that cherishes science? A negative judgment is too facile, and moral condemnation too simplistic. Light must be shed on the causes leading up to it and which indeed determined the unhappy affair, which had such serious consequences and far-reaching implications, not only in the scientific field, but also ideologically and politically.

Now that it is over and T. D. Lysenko is dead, the right moment has come to carry out some reflection, and Dr Belardelli's article published herein makes a substantial contribution to this end. It is to be hoped that meditation on the Lysenko affair and its causes, and on the circumstances that made it possible, serve as a warning to young people, to politicians, and to scientists, so that such episodes of intolerance, oppression and blindness to reason never occur again anywhere in the world.

G. M.

Translation: I. McGilvray - Roma

Il 'caso Lysenko' nel quadro dei rapporti tra il marxismo e le scienze naturali

FILIPPO BELARDELLI
Università di Roma

I INTRODUZIONE

Per comprendere il significato del dibattito scientifico, filosofico e politico tra neodarwinisti e neolamarckisti, sviluppatosi negli anni trenta in Unione Sovietica e culminato nel 1948 con l'appoggio ufficiale del partito bolscevico alla scuola di Lysenko, è condizione preliminare il non limitare la propria indagine alla facile confutazione sul piano scientifico dei singoli esperimenti e delle teorizzazioni degli agrobiologi sovietici. Gli atteggiamenti semplicemente scandalistici di fronte ai metodi fraudolenti e repressivi, impiegati da T. D. Lysenko per il trionfo delle sue teorie, risultano incapaci di spiegare questa pagina della storia della scienza nell'Unione Sovietica; tali impostazioni riduttive sono state assai frequenti, invece, in parecchi scienziati pieni di sdegno solo per ciò che concerne il loro ristretto campo specialistico, i quali sono soliti condurre le proprie analisi astraendole dal contesto storico, filosofico e scientifico. Non pochi biologi considerarono il 'caso Lysenko' come il risultato di una « moralità dogmatica e fiduciosa come quella Marxista in uno stato Marxista »[1], identificando *tout court* il pensiero di Marx con il 'dia-mat'. Tali impostazioni non aiutano certo a comprendere le cause dell'affermazione del 'lysenkoismo' nell'ideologia sovietica del periodo staliniano.

A distanza di circa trenta anni dal trionfo della scuola di Lysenko in Unione Sovietica, la maggior parte degli studi di ricostruzione storica[2] non hanno raggiunto ancora un'interpretazione esauriente e si sono limitati spesso alla 'cronistoria degli avvenimenti'. Si distinguono dalla consueta superficialità intorno all'argomento i recenti contributi di Dominique Lecourt e di Silvano Tagliagambe[3] che, pur nella differente impostazione metodologica, rappresentano forse gli unici concreti tentativi di ricondurre con rigore il 'caso Lysenko' nel suo necessario e complesso contesto storico. La nascita e l'affermazione del 'lysenkoismo', la trasformazione del pensiero di Marx, Engels e Lenin in un'ontologia 'materialistico-dialettica' a presunta convalida delle 'teorie agrobiologiche' rappresentano aspetti integranti della ideologia e della storia sovietiche

nel periodo staliniano. Un'attenta analisi delle teorizzazioni filosofico-ideologiche e delle scelte politiche del partito bolscevico in questo periodo aiuta senz'altro a comprendere il condizionamento che gli eventi storici di quegli anni esercitarono sull'affermazione delle teorie di Lysenko, definite « scienza proletaria », nei confronti della genetica classica, condannata come « scienza borghese ». Ciò non significa, tuttavia, aver trovato in Stalin il capro espiatorio di tutti i mali, il responsabile di ogni degenerazione.

Comprendere criticamente il significato della saldatura tra stalinismo e 'lysenkoismo' significa anche e soprattutto ricostruire gli eventi storici e le fasi del dibattito politico, filosofico e scientifico dopo la Rivoluzione d'Ottobre. La particolare situazione storica, economica e politica dopo il 1917 e soprattutto a partire dagli anni trenta, le tensioni ideologiche implicite nel tentativo di costruire una società socialista in un paese arretrato, l''accerchiamento capitalistico' del governo dei Soviet, la difficile situazione internazionale dopo l'ascesa dei regimi nazi-fascisti ed il conseguente isolamento politico e militare costituiscono tutti aspetti essenziali di questa indagine. Come rileva con attenta documentazione S. Tagliagambe, « l'antagonismo tra 'scienza borghese' e 'scienza proletaria' non risale al 1948 e nemmeno al 1935, ma a diversi anni prima che Stalin conquistasse il potere »[4]. Tale rigida contrapposizione trova origine nel dibattito politico-culturale prima della Rivoluzione d'Ottobre, in particolare ad esempio nel programma del gruppo Vperëd (Avanti); si manifesta dopo il 1917 negli ambienti più radicali della 'Proletkult' e trova riscontro, seppure in forme assai differenti, nel pensiero di A. A. Bogdanov, dello stesso N. I. Buharin e di altri esponenti bolscevichi. Nonostante la profonda ostilità di Lenin verso coloro che « troppo alla leggera blaterano di cultura proletaria » e nonostante l'indicazione leniniana « dell'esigenza, per il materialismo militante, di stringere una alleanza sempre più stretta con i rappresentanti delle moderne scienze naturali, pena la sua condanna a 'non essere in nessun caso né militante né materialismo' »[5], il riproporsi di continuo e l'affermarsi sotto Stalin della dicotomia scienza borghese - scienza proletaria rispecchiava il timore di possibili cedimenti all'ideologia borghese in un quadro storico in cui, cessata l'ondata rivoluzionaria, il compito principale appariva il consolidamento dello stato bolscevico. Abbandonato il pluralismo critico e lo spirito antitrionfalistico degli ultimi scritti di Lenin, la 'scienza proletaria', ridotta ad ideologia della tecnica bolscevica, diventava semplice strumento per legittimare e realizzare gli obiettivi imposti dalla pianificazione. Se è vero che in questo periodo si può registrare una chiusura rigida a tutta la scienza occidentale, dalla genetica alla fisica quantistica e relativistica, dalla formalizzazione della logica alla teoria della risonanza e alla cibernetica, l'affermazione dell'originale neolamarckismo della scuola di Lysenko, fortemente inquinato di vitalismo, ha delle motivazioni specifiche e complesse da sottolineare. Nel 'lysenkoismo' confluirono, nel particolare clima storico dello stalinismo e della 'costruzione

del socialismo in un paese solo', i precedenti culturali ambientalistici del pensiero di molti materialisti russi premarxisti, profondamente permeato del determinismo esterno lamarckiano (D. Pisarev, N. G. Černyševskij, N. A. Dobroliubov ed altri)[6], la tradizione nazional-populista russa, l'empirismo pratico della scuola agronomica di I. V. Mičurin e un'ideologia materialistico-dialettica che, se trovava parziale riscontro nel pensiero filosofico di G. V. Plehanov e di altri 'marxisti russi', si presentava nelle forme originali del materialismo dialettico staliniano.
Il retorico parallelo tra Stalin, trasformatore della storia, e Lysenko, trasformatore della natura (assai frequente nella pubblicistica scientifica di quel periodo), era espressione della connessione ideologica tra il soggettivismo volontaristico staliniano, emergente non solo dagli scritti, ma anche dalla politica di Stalin, e la concezione lysenkiana della modificabilità assoluta ed adattativa dell'ereditarietà per mezzo dell'ambiente, che, meglio delle teorie della scuola di N. I. Vavilov e dei neodarwinisti, sembrava 'garantire' i grandiosi obiettivi dei piani quinquennali.

II ASPETTI SCIENTIFICI ED IDEOLOGICI DEL DIBATTITO SULLA GENETICA

Bisogna rilevare che fino quasi alla metà degli anni trenta il dibattito tra genetisti mendelisti-morganisti e neolamarckisti non era stato ancora influenzato da interventi diretti del partito bolscevico. Il darwinismo era stato introdotto e diffuso in Russia da numerosi biologi e naturalisti, la maggior parte dei quali riconosceva la validità delle leggi di G. Mendel. Lo stesso K. A. Timirjazev, noto fisiologo e naturalista russo, arbitrariamente considerato uno dei precursori della scuola di Lysenko, nel discorso tenuto in occasione del 50° anniversario della pubblicazione del lavoro di C. Darwin (1909) aveva definito il mendelismo uno dei più notevoli e fecondi indirizzi di ricerca sull'eredità. Ma, nonostante la fecondità dimostrata dall''analisi mendeliana' per lo sviluppo delle conoscenze biologiche, non bisogna dimenticare, per comprendere gli aspetti ideologici dello scontro tra neodarwinisti e neolamarckisti, l'unilateralità di tale metodologia e le affrettate generalizzazioni dalle quali si erano lasciati sedurre numerosi genetisti. Nei primi anni del '900 l'entusiasmo per la riscoperta delle leggi di Mendel provocò un'eccessiva fiducia nella possibilità di spiegare in breve tempo tutti i processi ereditari, anche quelli tipicamente umani, in base al mendelismo (C. B. Davenport, ad esempio, pur avendo compreso l'eredità poligenica dell'uomo, affermava che il nomadismo e la criminalità si ereditavano come semplici unità mendeliane[7]). I movimenti eugenetici nati in Inghilterra con F. Galton e che, in seguito, fiorirono soprattutto nella Germania nazista, si servirono spesso di una cornice pseudoscientifica, usando di frequente una terminologia neomendeliana. In questo clima culturale e storico va inserito lo scontro ideologico sulla genetica in Unione Sovietica.

Nel 1925 erano stati creati due principali centri di ricerca nel campo biologico: l''Istituto di Ricerca Scientifica di Stato Timirjazev per lo Studio e la Propaganda delle Scienze Naturali dal punto di vista del Materialismo Dialettico', che rappresentò il fulcro delle ricerche della tendenza neolamarckiana, e la 'Sezione dell'Accademia Comunista di Scienze Naturali ed Esatte', che raccoglieva eminenti genetisti comunisti, tra i quali J. I. Agol, S. G. Levit, J. A. Filipčenko, A. S. Serebrovskij, M. M. Zavadovskij. Gli attacchi dei neolamarckisti alla genetica classica si muovevano prevalentemente in due direzioni: da una parte essi accusavano i 'mendelisti-morganisti' di possedere una visione deterministica, non dinamica ed evolutiva, dell'ereditarietà, e di porre dei limiti ideologici allo sviluppo della produzione agricola e al processo di variazione delle piante; dall'altra consideravano la 'teoria dei geni' una potenziale base scientifica per giustificare la disuguaglianza tra gli uomini e l'ideologia razzista. Del resto numerosi genetisti, simpatizzanti per il governo dei Soviet, si erano lasciati largamente influenzare dalle teorie eugenetiche; H. J. Muller, le cui scoperte di radiogenetica erano state propagandate ampiamente anche sulla stampa sovietica, aveva sostenuto che l'unico mezzo per migliorare l'umanità fosse rappresentato dal controllo della sua attività riproduttiva e dalla selezione dei fenotipi 'migliori'[8]. È opportuno ricordare che anche numerosi genetisti russi, quali N. V. Kol'cov, A. S. Serebrovskij, J. A. Filipčenko, si erano lasciati sedurre dalle teorie eugenetiche. L'affermazione del neolamarckismo sovietico rappresentò pertanto, in notevole misura, una reazione errata alle strumentalizzazioni reazionarie del mendelismo e al determinismo genetico di molti biologi occidentali. D'altra parte la scelta per il neolamarckismo rappresentava una ingenua soluzione di fronte ai pressanti problemi del governo sovietico e rispecchiava, sia pure in maniera distorta, l'esigenza, vitale per l'ideologia sovietica, di imprimere nelle masse una forte carica di fiducia nella possibilità di migliorare rapidamente le condizioni materiali, culturali ed igieniche del popolo russo, al di fuori di qualsiasi concezione rigidamente deterministica.

All'inizio degli anni trenta, mentre si accentuava la lotta politica interna per la liquidazione delle opposizioni, in nome della 'partiticità' della cultura e della scienza, iniziò quel processo di 'bolscevizzazione' della filosofia, che rappresentò una svolta rispetto al pluralismo del periodo della NEP e portò all'attacco decisivo contro « l'hegelismo dei deboriniani » e contro i « volgarizzatori » meccanicisti del marxismo, sfociando successivamente nel 'dia-mat' staliniano. La risoluzione del XVI congresso del PCUS (giugno-luglio 1930), in cui venne lanciata la parola d'ordine di prepararsi a sferrare l'attacco socialista sul fronte scientifico contro i contenuti « borghesi » nelle scienze, rispecchiava d'altronde l'esigenza di contare su una scienza « bolscevica », strumento per la rapida realizzazione degli obiettivi dei piani quinquennali e della politica di 'collettivizzazione forzata' nelle campagne. Nel clima di questa campagna staliniana per la 'bolscevizzazione' della scienza e della tecnica,

nel 1932 si introdusse nelle fattorie collettive e statali la vernalizzazione del grano, tecnica propagandata dal bolscevico Lysenko. Fino alla prima metà degli anni trenta, Lysenko non aveva ancora partecipato al dibattito filosofico e ideologico sulla genetica e sull'ereditarietà dei caratteri acquisiti. Bisogna rilevare, infatti, che l'affermazione delle teorie agrobiologiche derivò, in larga misura, dalla loro apparente praticità nella produzione agricola. All'origine, infatti, il successo del pensiero di Lysenko fu legato al diffondersi di un atteggiamento genericamente antifilosofico, esaltante il valore della prassi rispetto alla teoria. Il movimento degli 'scienziati contadini' e la parola d'ordine del partito di trasferire nelle campagne tutti i laboratori costituirono alcuni aspetti dell'empirismo e del pragmatismo, dominanti nel periodo staliniano, che favorirono il monopolio della scuola agrobiologica.

La pubblicizzazione dei primi lavori di Lysenko sulla vernalizzazione (o iarovizzazione) fu favorita dalle massicce perdite dei raccolti invernali, che si erano verificate negli anni precedenti in Ucraina a causa del gelo, sicché la tecnica di vernalizzare il frumento fu considerata una possibile via di salvezza da ulteriori disastri nella produzione agricola; le promesse di Lysenko determinarono l'appoggio di migliaia di agricoltori delle fattorie collettive. Già nel 1934 la iarovizzazione del frumento primaverile era applicata in più di 25.000 fattorie collettive e statali di diverse regioni e provincie dell'Unione Sovietica. Con il 2° piano quinquennale iniziò nelle campagne la « lotta di classe sul fronte della vernalizzazione » contro i kulaki e « i nemici del popolo »[9].

La sopravvalutazione delle immediate potenzialità della tecnica bolscevica rappresenta un atteggiamento generale dell'ideologia sovietica nel periodo staliniano; predominano, infatti, negli scritti di Stalin e della maggior parte degli esponenti del 'dia-mat', una visione miracolistica della 'scienza di avanguardia', una forte fiducia nel progresso inteso come processo lineare e indolore (caratteristica in Europa di tutta la filosofia positivistica ottocentesca), una feticizzazione della tecnica e una ideologia del lavoro (si veda in particolare la definizione dei seguaci di Lysenko come « stachanovisti dell'agricoltura »), sintomi peraltro di una generale sottovalutazione dei problemi concernenti i rapporti di produzione e di classe.

Dalla teoria della vernalizzazione, che in sé rappresentava un semplice aspetto di fisiologia vegetale applicata, Lysenko derivò una propria concezione della biologia, in cui fece convergere il pensiero di J. B. Lamarck sull'ereditarietà dei caratteri acquisiti, le interpretazioni di I. V. Mičurin sullo sviluppo, la selezione e la formazione di nuove piante per mezzo di innesti e i suoi esperimenti sulla presunta reversibilità del carattere invernale o primaverile del frumento, in relazione alle condizioni ambientali. La cosiddetta « teoria dello sviluppo stadiale delle piante » fu proclamata da Lysenko come l'unica concezione biologica coerente con il materialismo dialettico, attestante la plasmabilità dell'ereditarietà

degli organismi secondo i desideri umani. D'altronde la fiducia nella totale trasformabilità della natura si può ritrovare nel famoso scritto di I. V. Stalin *Materialismo dialettico e materialismo storico*, dove manca qualsiasi riferimento al condizionamento che sull'uomo esercitano la sua stessa struttura biologica e le leggi naturali. Un'altra componente del materialismo dialettico che si affermò durante gli anni staliniani, complementare alla visione idealistica del rapporto uomo-natura, è l'esigenza di circoscrivere la realtà in leggi assolute ed universali, di offrire al popolo russo un quadro esaustivo ed univoco delle conoscenze umane. La tensione ideologica derivante dalla necessità di ribadire la assolutezza di tali conoscenze e la supremazia assoluta ed indiscussa della tecnica bolscevica (il che in quegli anni rispecchiava soprattutto l'esigenza politica di riaffermare la certezza di aver raggiunto la società senza classi e la giustezza dei piani quinquennali) costituì la causa determinante della rigida chiusura all''indeterminismo fisico' di Heisenberg e alla fisica relativistica di Einstein e, per quanto riguarda in particolare la biologia, al concetto di mutazione genetica, per il criterio probabilistico con cui soltanto poteva essere prevista e controllata.

A partire dal 1936-'37 iniziò la grande contrapposizione tra l''agrobiologia' di Lysenko, proclamata « biologia socialista », e la genetica classica, definita « mendelismo-morganismo reazionario ». Anche in questo caso l'origine di questa meccanica contrapposizione tra scienza borghese e scienza proletaria si può individuare nella concezione schematica del rapporto tra struttura e sovrastruttura, così come è concepito nel *Materialismo dialettico e materialismo storico* di Stalin; dato cioè il carattere socialista della struttura economica sovietica, anche i contenuti delle scienze, come componenti della sovrastruttura alla pari della morale, delle istituzioni giuridiche e dell'istruzione, dovevano essere direttamente socialisti. Da questo ragionamento, colorito dall'orgoglio nazionale per la tradizione culturale russa, derivava il rifiuto indiscriminato di tutta la scienza occidentale e la lotta contro il 'cosmopolitismo'. Anche la nuova biologia di Lysenko fu innalzata quindi a simbolo della riscossa della scienza russa che, quale espressione dell'originalità creatrice del 'genio slavo', era in grado di dirigere, nella società socialista, anche i fenomeni naturali.
Come rileva D. Lecourt « per grande sventura della genetica e dell'agricoltura sovietiche, la genetica fu condannata proprio nel momento in cui cominciava a diventare operativa in agronomia... Singolare ironia della storia, nella quale i 'tempi' di una scienza vengono 'scavalcati' dalle esigenze dell'ideologia e della politica »[10].
Proprio negli anni in cui la cosiddetta genetica formale si arricchiva dei contributi della citologia e della fisiologia vegetale, trovando sempre più vasti campi di applicazione all'agricoltura con l'introduzione di ibridi tra linee pure (eterosi), con le scoperte di nuovi mutageni fisici e chimici e di agenti inducenti la poliploidia, proprio quando il mendelismo, su-

perato l'ingenuo schematismo dei primi sostenitori (ad esempio l'abusato postulato un gene — un carattere e la meccanica ricerca del rapporto mendeliano 1 : 3 in tutti gli ibridi di seconda generazione[11]) aveva maturato un'interpretazione più 'dialettica' dei fenomeni ereditari con la comprensione dei cosiddetti rapporti atipici mendeliani, dell'eredità poligenica, della pleiotropia e si integrava con i primi risultati della genetica chimica dei microrganismi (G. W. Beadle e F. L. Tatum, 1940) e della nascente biologia molecolare (O. T. Avery e collaboratori, 1944), in Unione Sovietica prese inizio il processo di liquidazione della genetica, condannata come « scienza borghese ». Va peraltro sottolineato che l'effettivo distacco della genetica dalla pratica della selezione soprattutto fino alla metà degli anni trenta, riconosciuto come limite dallo stesso N. I. Vavilov nel 1932[12], facilitò la polemica demagogica di Lysenko nei confronti del 'mendelismo-morganismo'.

III LA SESSIONE DEL 1948 DELL'ACCADEMIA PANSOVIETICA DELLE SCIENZE AGRARIE LENIN. LA BIOLOGIA MIČURINISTA

Le fasi successive della lotta condotta dalla scuola di Lysenko contro il 'mendelismo morganismo' sono sufficientemente note da non meritare dettagliate esposizioni. Il clima prebellico, in cui iniziò il 3° piano quinquennale, la crisi della produzione agricola nelle campagne, l'inasprimento della repressione contro ogni forma di dissenso favorirono l'attacco decisivo sferrato dai lysenkoisti alla scuola di Vavilov nel 1939. Nel periodo post-bellico della 'guerra fredda' tra l'Unione Sovietica e i paesi capitalistici, la vasta campagna ideologica contro l'influenza occidentale nella letteratura, nell'arte, nella scienza, iniziata soprattutto da A. A. Ždanov nell'estate del 1946, era dettata dall'isolamento politico ed ideologico e dalla necessità di pubblicizzare la superiorità del sistema socialista sovietico in ogni campo. In questo quadro si può inserire la famosa sessione del 1948 dell'Accademia Pansovietica delle Scienze Agrarie Lenin, che sancì il monopolio della scuola di Lysenko e la liquidazione ufficiale della genetica.

La relazione di Lysenko alla sessione del 1948 può essere considerata il manifesto dell''agrobiologia sovietica'[13]. La prima parte era dedicata alla critica del pensiero di A. Weismann e dei neodarwinisti, alle polemiche con il 'mendelismo-morganismo reazionario' e con i genetisti russi; nella seconda parte della sua relazione Lysenko esponeva i principi fondamentali della biologia mičurinista, definita « darwinismo creativo sovietico » e annunciava l'appoggio ufficiale del Partito, del Governo e di Stalin stesso alle sue teorie.
Il dibattito sulla relazione di Lysenko si tramutò in una specie di processo politico alla genetica[14]; gli interventi dei mičurinisti, oltre a sostenere l'equazione mendelismo-morganismo = « idealismo fisico », « machismo »,

« eugenetica razzista », denunciavano il presunto carattere antinazionale della genetica, ritenuta espressione della cultura straniera nemica, in antitesi alla tradizione del popolo russo; d'altra parte la maggior parte dei genetisti russi si difesero dalle accuse dei loro oppositori rinnegando le teorie di Weismann, la concezione dei geni di W. Johannsen e di W. Bateson e la 'genetica formale', valorizzando di contro l'opera e il pensiero di Timirjazev e di Mičurin, ritenuti precursori della moderna genetica, in contrapposizione ai 'meccano-lamarckisti', e sottolineando, come già aveva fatto Vavilov nel 1939, le possibili applicazioni pratiche della genetica.

Ma la sconfitta dei genetisti sovietici era scontata in partenza. Assai importanti furono le ripercussioni della storica sessione del 1948 sullo sviluppo della scienza biologica e dell'agricoltura; i provvedimenti governativi furono molteplici e rapidissimi, dal licenziamento dall'università degli oppositori di Lysenko alla soppressione di tutti i laboratori di genetica. Dopo la riforma dei programmi di tutti gli insegnamenti in rapporto con la biologia, si cercò di rafforzare le ipotesi neolamarckiane di Lysenko con una serie di pubblicazioni e di ricerche in tutte le branche delle scienze biologiche, tese a dimostrare l'erroneità della genetica classica. Notevole scalpore in occidente suscitarono le pubblicazioni sulla stampa sovietica dei lavori di O. B. Lepešinskaja e di G. M. Boš'jan; per più di cinque anni nella *Grande Enciclopedia Sovietica* venne esposta, come legge universale della biologia, la « nuova teoria cellulare » della Lepešinskaja che, rifiutando il « dogma di Virchow », sosteneva l'origine di cellule da « materia vivente non allo stato cellulare »[15]. L'ingenuo vitalismo ed il rozzo epigenismo di questa teoria, come l'idealismo e il primitivismo insiti nei lavori di G. M. Boš'jan[16] nel campo della microbiologia (nei quali si sosteneva la possibilità di formazione di virus per mezzo della cristallizzazione di protidi, la trasformazione reversibile di virus in batteri e in cellule viventi e si riproponeva la vecchia idea della generazione spontanea), furono i primi bersagli della critica che, negli anni 1953-55, investì duramente le concezioni e i metodi della scuola agrobiologica.

Nella citologia la scuola di Lysenko aveva concentrato i propri sforzi nel tentativo di dimostrare la non continuità dei cromosomi nelle cellule e di criticare la teoria cromosomica dell'eredità. A questo proposito i lavori più significativi sono quelli di P. V. Makarov[17], uno dei più rappresentativi citologi lysenkoisti. Adoperando particolari tecniche egli cercava di dimostrare l'assenza di una struttura costante nel nucleo. Secondo Makarov i cromosomi si formavano ex novo alla profase, attraverso l'unione di fini granulazioni, che comparivano nel nucleo; alla telofase, invece, i cromosomi si decomponevano, e la loro sostanza veniva dispersa in particelle di dimensione colloidale. Anche rispetto alla forma dei cromosomi nei processi mitotici e meiotici Makarov e la sua scuola consideravano il differente grado di spiralizzazione dei cromosomi come

prova della mancanza di struttura costante nel nucleo o dell'inesistenza di materiale ereditario specifico, come dimostrazione della tesi lysenkoista che non ammetteva che nell'organismo esistesse « una materia ereditaria indipendente dall'organismo stesso »[18].

Il 'mičurinismo' ebbe una certa diffusione anche in occidente, soprattutto in Francia, per opera dell'associazione degli 'Amici di Mičurin', e anche in Italia, in particolare in alcuni istituti di agraria e tra studiosi di problemi agricoli e di fisiologia vegetale[19]. Tra i sostenitori del 'mičurinismo' in Occidente si può ricordare il biologo francese Jacob Ségal, che ebbe il merito di tentare di riassumere in un'interpretazione sintetica neolamarckista una vasta ed eterogenea serie di lavori sperimentali e di fenomeni biologici, quali il metabolismo dei batteri e la resistenza agli antibiotici (C. Hinshelwood), i processi immunitari (M. I. Guyer e E. A. Smith, 1924, A. H. Sturtevant, 1944), la matroclinia, l'eredità citoplasmatica, le modificazioni durevoli scoperte da V. Jollos nei Parameci (1921), le funzioni psichiche (in particolare i lavori di W. McDougall), la trasformazione dei batteri, la traduzione e l'eredità contagiosa, la scoperta degli acidi nucleici nei plastidi e nei mitocondri, il fenomeno del fattore 'killer' nel paramecio (T. M. Sonneborn)[20]. Nonostante che, come è noto, la maggior parte dei biologi e dei genetisti avesse da tempo interpretato questi diversi fenomeni al di fuori di concezioni neolamarckiane e in modo tutt'altro che antagonista alla 'genetica classica', negli anni 1950-60 la scuola di Lysenko considerò tutto ciò come conferme della validità del 'mičurinismo' nelle diverse branche della biologia e come superamento della « teoria cromosomica dell'eredità ». Bisogna tuttavia rilevare che Lysenko non studiò mai personalmente questi aspetti della biologia cellulare; i suoi interessi e i suoi lavori rimasero circoscritti all''agrobiologia'.

In particolare, rispetto ai lavori agrobiologici, la prima cosa che emerge dalla lettura degli esperimenti di Lysenko è la sostanziale carenza di una corretta metodologia scientifica; soprattutto si denota la carenza di controlli e prove statistiche e la mancanza delle comuni precauzioni necessarie per constatare la purezza genotipica del materiale adoperato, condizione preliminare per un'interpretazione precisa dei dati sperimentali. Senza entrare nei dettagli dei singoli esperimenti e delle argomentazioni di Lysenko mi limiterò a sottolineare che l'elemento fondamentale e comune in tutti questi lavori, tendenti a dimostrare l'ereditarietà dei caratteri acquisiti, è rappresentato, ancora una volta, dall'empirismo pratico antiscientifico, che maschera con richiami ideologici ai classici del marxismo la profonda ignoranza dei concetti base della biologia. D'altra parte, proprio il rifiuto sostanziale dei concetti neodarwiniani di mutazione e selezione, la negazione del 'mendelismo' e della 'genetica classica' portavano spesso gli agrobiologi sovietici a considerare quale prova dell'ereditarietà dei caratteri acquisiti la semplice selezione di varietà preesistenti o di individui mutanti, e ad interpretare in senso lamarckiano gli stessi fenomeni di segregazione e di ricombinazione delle unità ereditarie mendeliane.

Anche le cosiddette « chimere », o « ibridi di innesto », che secondo Lysenko rappresentavano una dimostrazione delle possibilità di « scuotere » la natura ereditaria (« ibridazione vegetativa »), erano già conosciuti ai genetisti; in essi, come è noto, non si verificano una unione e ricombinazione del materiale ereditario in ogni singola cellula, bensì si ha simbiosi di tessuti, geneticamente diversi, delle due specie.

Ma l'aspetto, forse fondamentale, caratterizzante le teorie di Lysenko è il loro contenuto vitalistico e antropocentrico. Ad esempio l'indiscriminata lotta ideologica contro il principio di indeterminazione in fisica, il rifiuto assoluto della statistica e della teoria matematica della probabilità portavano gli agrobiologi sovietici ad ignorare il significato del preciso rapporto statistico, riscontrato per la prima volta da Mendel, con cui negli ibridi di 2ª generazione riappare il fenotipo recessivo; di conseguenza Lysenko, non essendo in grado di comprendere il reale significato delle leggi di Mendel, finiva (peraltro in palese contraddizione con i proclamati intenti di lotta contro le « teorie del caso ») con l'attribuire ad un casuale, quanto generico, « ruttare della natura »[21] il fenomeno della segregazione dei fattori ereditari nella 2ª generazione. Un altro esempio di vitalismo presente nel pensiero di Lysenko può essere rappresentato dalla negazione della competizione intraspecifica, e dalla « legge della vita delle specie » o « autosfoltimento ». Proprio queste teorie di Lysenko suscitarono anche in Unione Sovietica un certo dibattito. Sul *Botaničeskij žurnal*, nel dicembre 1952, si aprì una discussione sulla competizione intraspecifica, sulla teoria di Lysenko della formazione delle specie per salti e sul darwinismo; furono evidenziate non solo la grossolanità delle concezioni lysenkoiste, ma anche le ripercussioni negative sulla produzione agricola.

Nel periodo compreso tra il 1953 e il 1958, nel clima del processo di 'destalinizzazione', numerosi scienziati sovietici incominciarono a prendere coscienza dell'arretratezza delle ricerche biologiche russe e dei limiti teorici e pratici del neolamarckismo. Tuttavia, come è noto, l'appoggio di Chruščëv alla scuola di Lysenko ritardò ancora di qualche anno la rinascita della genetica russa.

Solo dal 1964 prese inizio il famoso processo di riabilitazione ufficiale della genetica occidentale, dei lavori di G. Mendel, Th. H. Morgan e di quei genetisti e biologi russi duramente criticati e perseguitati dalla scuola di Lysenko (S. S. Četverikov, N. I. Vavilov, N. K. Kol'cov, A. S. Serebrovskij, M. M. Zavadovskij, N. P. Dubinin, I. A. Rapoport ed altri). Indubbiamente a partire dal 1965, con la riforma dei programmi di studio e con la sospensione per un anno dell'insegnamento biologico nelle scuole (1965-1966), al fine di provvedere all'aggiornamento del personale docente e alla preparazione di libri di testo, è iniziato ormai in Unione Sovietica un processo irreversibile di emancipazione della cultura e della scienza russe dalla eredità del 'lysenkoismo'; le pubblicazioni di lavori di genetica e

di biologia molecolare, apparse sulle riviste scientifiche sovietiche in questi ultimi anni, attestano già il notevole livello delle ricerche in questi campi.

IV ALCUNE CONSIDERAZIONI SUI RAPPORTI TRA LA BIOLOGIA E IL MARXISMO

In Unione Sovietica la sconfitta del neolamarckismo e la rivalutazione della genetica e della biologia molecolare hanno registrato un ritardo di qualche decennio.
Nonostante che già gli esperimenti di W. L. Johannsen (1900-1903) sulle 'linee pure' di fagioli avessero dimostrato che in popolazioni geneticamente omogenee le variazioni indotte dall'ambiente non si ereditano, nonostante che la 'teoria cromosomica' della scuola di Morgan si basasse su una enorme quantità di dati sperimentali che negavano ogni ipotesi neolamarckiana, solo nel 1944, con il famoso lavoro di O. T. Avery, C. N. Macleod e M. McCarty, si segnò una tappa fondamentale nel processo di comprensione della base materiale dei meccanismi ereditari. Negli anni 1944-52 l'indagine biologica si era concentrata sul metabolismo degli acidi nucleici; l'analisi di laboratorio aveva dimostrato che non erano le proteine presenti nei cromosomi le portatrici della informazione genetica (ipotesi di F. Engels, ripresa dai lysenkoisti, ma largamente dominante anche tra i genetisti fino al 1945), ma che queste, invece, erano i prodotti di una sintesi, la cui informazione era inscritta sugli acidi nucleici. Il modello della struttura della catena del DNA e del suo modo di riproduzione (proposto da J. D. Watson e da F. H. Crick nel 1953) ha finalmente permesso di comprendere la base molecolare della teoria della continuità nei cromosomi, così a lungo criticata dalla scuola di Lysenko. I successivi sviluppi della biologia molecolare hanno ormai dimostrato a livello biochimico-molecolare l'erroneità delle tesi neolamarckiane e hanno confermato la 'teoria cromosomica dell'eredità', integrando e superando le astrazioni della 'genetica formale'[22].

Ormai, con la rinascita della genetica sovietica, con la comprensione a livello molecolare dei fenomeni ereditari, si potrebbe credere che il 'caso Lysenko' rappresenti soltanto un episodio marginale nella storia della scienza, una parentesi inessenziale della storia sovietica, un esempio della deformazione della scienza e del marxismo nel periodo staliniano. Potrebbe sembrare che Lysenko e Stalin siano ormai, per il pensiero marxista, personaggi 'scomodi' da 'esorcizzare'. Al contrario ritengo che una riflessione critica sul 'caso Lysenko' costituisca, proprio per il pensiero marxista contemporaneo, una tappa fondamentale irrinunciabile. Questa triste pagina della storia della scienza e della storia del movimento operaio pone tuttora, al di là di un'interpretazione storica dell'integrazione tra neolamarckismo e 'dia-mat', impellenti interrogativi e nodi da scio-

gliere riguardo ai rapporti tra il marxismo e le scienze naturali, tra ideologia e scienza in generale.
L'esigenza di un confronto su tali argomenti è testimoniata tra l'altro dal riaccendersi, in questi ultimi anni, di un dibattito, anche apertamente polemico, su questi temi[23]. Senza pretendere di intervenire in modo esauriente in questa problematica, rispetto alla quale l'eterogeneità delle posizioni rappresenta una garanzia di vitalità, mi limiterò soltanto a brevi considerazioni che traggono spunto da un'indagine sul 'caso Lysenko'.

Durante tutte le fasi dell'attacco condotto da Lysenko e I. I. Prezent contro la genetica classica fu fatto un continuo riferimento ai classici del marxismo, soprattutto all'*Antidühring* e alla *Dialettica della natura* di F. Engels, a *Materialismo e empiriocriticismo* e ai *Quaderni filosofici* di V. I. Lenin. In particolare si cercò di trovare conferme delle teorie di Lysenko in alcuni passi di Engels, estrapolati dalla *Dialettica della natura*. Probabilmente nel 1876, nel manoscritto della *Parte avuta dal lavoro nel processo di umanizzazione della scimmia*, Engels sembrava sostenere l'ereditarietà dei caratteri acquisiti per mezzo dell'ambiente e dall'uso di determinati organi[24]. Bisonga peraltro rilevare che quest'opinione di Engels costituiva un'ipotesi largamente dominante in quegli anni; lo stesso Darwin, pur riconoscendo la profonda ignoranza circa le cause della variazione e le leggi dell'eredità, aveva formulato la sua teoria della « pangenesi delle gemmule » (profondamente permeata del pensiero lamarckiano) in quanto sembrava rendere più immediatamente spiegabile la sua teoria evoluzionistica.

Anche Plehanov, in *Le questioni fondamentali del marxismo*, accettava l'eredità dei caratteri acquisiti, perché più corrispondente ad una concezione *dialettica* della biologia (tale concezione era, secondo Plehanov, confermata dalla teoria 'dialettica' della mutazione per salti di Hugo De Vries). Il lamarckismo di Plehanov, e, prima ancora, di molti materialisti russi premarxisti, derivava dalla illusione socio-biologica di poter estrapolare le osservazioni e le riflessioni sulla società usandole, per analogia, nella sfera dei fenomeni naturali e viceversa. L'affermazione di Marx che « non è la coscienza che determina l'essere sociale, ma è l'essere sociale che determina la coscienza », punto di partenza per la critica della società capitalistica, venne usata arbitrariamente in tutti campi, soprattutto quello biologico, come asserzione della importanza esclusiva dell'ambiente.

La sopravvalutazione dell'ambiente e la convinzione dell'ereditarietà dei caratteri acquisiti erano esplicitamente presenti anche nel pensiero di Stalin, a partire da un suo scritto del 1907[25]. Tale sopravvalutazione sembrava funzionale, dal punto di vista ideologico, non solo a riaffermare la fiducia nella rapida trasformabilità delle varietà vegetali e nel migliora-

mento della produzione agricola e del bestiame, ma anche a combattere il pericolo di una interpretazione rigidamente deterministica del concetto di ereditarietà umana, che avrebbe potuto minare i principi di libertà e di uguaglianza del comunismo[26].
Uguale confusione socio-biologica è presente nell'ingenua e vitalistica affermazione di Lysenko sulla mancanza di competizione intraspecifica. La piantagione a gruppi di querce e di altre specie di piante ebbe dannosi risultati pratici. Ciò nonostante, sovrapponendo un concetto sociale ed ideologico alle leggi della natura, Lysenko, nel tentativo di contestare il darwinismo sociale (che riduceva i fenomeni sociologici alla sfera biologico-naturale), pretendeva di ritrovare negli stessi fenomeni naturali una presunta moralità socialista; tutto ciò rappresentava, in definitiva, il sintomo di una ideologia arretrata e oscurantista, rigida espressione di un 'marxismo debole', che rifletteva l'arretratezza economico-culturale e le enormi difficoltà storiche incontrate nel tentativo di trovare una via nazionale ed 'accelerata' al socialismo. In questa prospettiva storica si possono comprendere e valutare anche il significato particolare del 'dia-mat' e la sua integrazione con il neolamarckismo di Lysenko.

Il materialismo dialettico divenne la chiave interpretativa dei fenomeni naturali. Anche nella formulazione della teoria della speciazione per salti, come prodotto dell'emergere di modificazioni qualitative improvvise in seguito all'accumularsi di elementi quantitativi contraddittori all'interno del singolo organismo, si fece ricorso al concetto base hegeliano-engelsiano della dialettica del cambiamento di qualità in seguito al sommarsi di mutamenti quantitativi.
Il materialismo dialettico del periodo staliniano, diventato '*Weltanschauung*', ontologia e concezione generale del mondo, è ricorso di preferenza, a sua legittimazione, all'autorità della *Dialettica della natura* di Engels. Per ciò che concerne il pensiero del grande collaboratore di Marx, nella cui opera viene individuata da parte di taluni studiosi marxisti l'origine della deformazione del marxismo operata dal materialismo dialettico del periodo staliniano, è possibile interpretare i suo scritti sotto diverse angolature e con criteri diversi; a me pare comunque (nonostante che, per gli esperti in citazioni, sia possibile estrapolare frasi che inducono ad una differente interpretazione) di non contraddire il senso più profondo degli scritti di Engels, pensatore ed organizzatore del movimento operaio che per primo e maggiormente osò esprimersi su una serie di argomenti non direttamente attinenti alla sfera socio-economica, affermando che nelle sue opere è prevalentemente presente una concezione del materialismo dialettico come metodo espistemologico, piuttosto che come teorizzazione astratta sul modo d'essere della materia, come concezione generale dell'universo, che comprende e controlla gerarchicamente tutte le scienze positive. In realtà la subordinazione della scienza alla filosofia materialistico-dialettica e lo scolasticismo del 'dia-mat' non trovano riscontro nell'opera di Engels. D'altra parte, come ho cercato di dimostrare, anche il

'soggettivismo staliniano' e il contenuto vitalistico e antropocentrico dell''agrobiologia' di Lysenko rappresentano per lo più i sintomi di una interpretazione affrettata ed erronea del pensiero di Marx ed Engels sul rapporto uomo-natura, espressione della particolare situazione storica in cui il Governo dei Soviet era costretto ad operare.

Tuttavia, anche se Engels avvertì particolarmente l'esigenza della costruzione di un materialismo non solamente economico-sociale, ma che comprendesse anche le scienze naturali, in gran parte del pensiero marxista successivo si può rilevare l'incapacità di raggiungere una concezione materialistica della natura e, assai spesso, l'emergere di concezioni tendenzialmente antropocentriche[27]. Tutto ciò rappresenta un fenomeno riscontrabile non soltanto, come ho già sostenuto, nel 'materialismo dialettico' di Stalin e Lysenko (nonostante l'apologia feticistica della tecnica e della scienza 'socialista'), ma anche, seppure in forme diverse, in taluni autori del cosiddetto 'marxismo occidentale'[28], che, pur criticando il 'dia-mat' (a volte in maniera schematica e superficiale[29]) e accusandolo di scientismo e di paleopositivismo, nel riproporre una problematica prevalentemente storica e umanistica, operano una drastica scissione tra storia umana e storia naturale, minimizzando il valore conoscitivo delle scienze.
D'altra parte alcuni studiosi marxisti, ritenendo che « il 'materialismo dialettico' russo non è un prodotto spontaneo ma si è sviluppato sulla base della 'dialettica della natura' di Engels »[30], considerano l'opera engelsiana come l'origine teorica e filosofica del 'dia-mat'.
Tale concezione, che ha trovato in L. Colletti uno dei suoi principali sostenitori, contrappone in modo radicale il pensiero di Marx a quello di Engels. Nonostante la giustezza della critica di L. Colletti all'hegelismo emergente da taluni brani di Engels, nonostante la validità della sua polemica rispetto alla reazione idealistica di alcuni filosofi marxisti della scuola di Francoforte (H. Marcuse, M. Horkheimer, Th. W. Adorno, M. Heidegger) contro la scienza, a me pare che tale impostazione, nel riproporre una contrapposizione di principio tra materialismo storico di Marx e materialismo dialettico engelsiano, rischi di condurre all'esaltazione del contenuto storico, sociologico ed economico del marxismo e sfoci, di fatto, in una sottovalutazione dell'importanza di un'interpretazione materialistica della natura[31].

Oggi più che mai, con lo sviluppo raggiunto dalle scienze naturali, si avverte l'esigenza di un'interpretazione conseguentemente materialistica della natura e di un suo collegamento con il 'materialismo storico' e con gli ideali di emancipazione e di libertà del pensiero marxista. Rispetto alla vasta e complessa problematica della ridefinizione dei rapporti tra materialismo dialettico e scienze naturali, nell'ultima parte di questo articolo mi limiterò esclusivamente a prendere in considerazione e a valutare criticamente il pensiero di due studiosi che si ispirano entrambi,

seppure, intendo sottolineare, in modo assai diverso, alla 'filosofia materalistico-dialettica': W. Hollitscher, filosofo ed epistemologo austriaco, studioso anche di problemi biologici, e N. P. Dubinin, attualmente forse il più eminente genetista russo, a lungo perseguitato dalla scuola di Lysenko ed attivo protagonista della rinascita della genetica sovietica. Per quanto concerne Hollitscher, le considerazioni che seguono scaturiscono dalla lettura del libro *L'immagine scientifica della natura*[32]. L'opera dello studioso austriaco deve essere apertamente discussa e criticata, non certo per una sterile tendenza alla polemica, bensì perché è espressione di un'interpretazione ancora arretrata delle scienze moderne e rappresenta il sintomo di un materialismo dialettico sostanzialmente acritico e dottrinario, che contraddice profondamente lo spirito del marxismo, il quale, superando definitivamente la filosofia sistematica ed idealistica di Hegel, aveva scoperto la storicità dei processi sociali ed affermato il carattere relativo e incompiuto di ogni conoscenza scientifica[33].

In realtà l'opera di Hollitscher si presenta, in certa misura, alquanto aggiornata rispetto agli scritti di A. A. Ždanov e dei peggiori esponenti del 'dia-mat' tradizionale. Tuttavia, nonostante l'erudizione enciclopedica dell'autore, essa rivela una concezione del materialismo dialettico quale unica '*Weltanschauung*', quale universale teoria delle « leggi generali del movimento e della materia », quale univoco strumento di « rispecchiamento » e di penetrazione dell'« essenza » del reale. L'opera di Hollitscher, priva di qualsiasi riflessione sul periodo staliniano, priva quindi degli strumenti indispensabili per un rispensamento critico sul materialismo dialettico e i suoi rapporti con le scienze naturali, si rivela arretrata anche rispetto all'interpretazione stessa dei contenuti delle scienze moderne.

Per quanto concerne la biologia, sorprende constatare la presenza nel pensiero dello studioso austriaco di una concezione sostanzialmente neolamarckiana, un eccessivo antropocentrismo (che peraltro permea di sé tutta l'opera), un'incomprensione complessiva del darwinismo, della genetica e della biologia molecolare. Come la scuola di Lysenko, negli anni 1950-'60, cercò di interpretare ogni risultato nel campo della biologia, della reflessologia e della fisiologia come conferme della validità delle proprie tesi, così Hollitscher tenta di inserire i più diversi esperimenti di genetica, di biologia molecolare e di psicologia in una cornice ideologica lamarckiana. Del resto la riproposizione acritica e l'accettazione esplicita dei lavori e delle teorie di Lysenko, di P. V. Makarov, K. F. Kušner, J. Ségal e di altri esponenti della scuola agrobiologica sovietica dimostrano sufficientemente queste affermazioni. Anche la tesi di una presunta inconciliabilità tra il mendelismo e la teoria evoluzionistica darwiniana (tesi ormai cara soltanto a qualche filosofo e biologo idealista) dimostra ancora una volta l'arretratezza del pensiero biologico di Hollitscher.

In definitiva il pensiero di alcuni neolamarckiani nelle sue due componenti fondamentali, quella ambientalistica (sopravvalutazione della funzione

degli elementi esterni) e quella antropocentrica (sopravvalutazione del distacco tra l'uomo e l'animale, concezione dell'evoluzione intesa quale processo orientato finalisticamente verso soluzioni sempre più congrue all'ambiente esterno e verso la perfezione) risulta costantemente presente nell'opera di Hollitscher; tale pensiero permea di sé infatti l'esposizione dei problemi dell'ontogenesi, dell'antropogenia, del processo di umanizzazione e di formazione e sviluppo della coscienza, della reflessologia, della psicologia, della fisiologia del sistema nervoso, della cibernetica, delle teorie sul linguaggio, dell'indagine sull'origine della vita e così via.

Tra gli interventi apparsi di recente in URSS sul rapporto tra la biologia e il materialismo dialettico, prenderò in esame soltanto, come ho già accennato, alcuni saggi di N. P. Dubinin[34]. Indubbiamente negli scritti del genetista russo si manifesta il profondo impegno del ricercatore ad uscire dal 'ghetto' del laboratorio per superare la tradizionale mancanza di permeabilità e generalizzazione tra i diversi indirizzi specialistici, si rivela il tentativo di affrontare il problema del rapporto tra la ricerca e le questioni di ordine sociale, sottoponendo ad una giusta critica le interpretazioni reazionarie della genetica. L'opposizione all'ideologia borghese nella biologia non si basa, come invece fu costume della scuola di Lysenko, sul rifiuto dei contenuti stessi della scienza o su una loro falsificazione, ma, al contrario, si fonda su un esame critico dei risultati scientifici, del loro uso e delle strumentalizzazioni ideologiche antiprogressiste. Tuttavia, una volta evidenziati gli elementi positivi presenti nei saggi del genetista russo e sottolineata la sua profonda preparazione biologica, che lo separa nettamente dalle argomentazioni di Hollitscher, ritengo utile soffermarmi sugli aspetti discutibili e sui limiti del suo pensiero.

L'intento principale di Dubinin è quello di tentare una 'riconciliazione' della genetica con il materialismo dialettico, di inserire la biologia moderna in una concezione filosofica generale dell'uomo e della società. Il 'caso Lysenko' fu considerato superficialmente come il necessario corollario dell'ingerenza della filosofia marxista-leninista nei problemi scientifici. Al contrario Dubinin contesta la legittimità dei richiami al pensiero di Lenin da parte della scuola di Lysenko, definita « corrente reazionaria... teoria scientifica errata, che si nascondeva sotto le frasi del materialismo dialettico »[35]. Al 'sedicente' materialismo dialettico di Lysenko, che rigettava in toto la genetica, Dubinin contrappone un materialismo dialettico in evoluzione, in rapporto non gerarchico con le scienze, ma che, al contrario, trae convalida e sviluppo dal progresso delle ricerche scientifiche.

In sintesi la tesi che Dubinin intende dimostrare consiste nell'affermazione che il progressivo sviluppo della genetica non è altro che la storia del continuo avvicinamento ai principi generali del leninismo e una convalida degli stessi. Tali principi generali, ai quali si ispira Dubinin con abbondanza di citazioni, consistono: *a*) nell'affermazione della presenza delle

leggi della dialettica nella natura (compresenza degli opposti, ovvero di aspetti contraddittori, nei fenomeni biologici, apparizione di mutamenti di qualità derivanti dal sommarsi di mutamenti quantitativi...); *b*) nel riconoscimento della natura dialettica del processo conoscitivo; *c*) nella consapevolezza della non esaustività della conoscenza umana (quindi in particolare anche della genetica moderna). Ora, più che discutere sulla legittimità di questa ricostruzione del pensiero di Lenin o valutare la validità e la fecondità di questi principi (gli ultimi due — indicati alle lettere *b* e *c* — possono peraltro facilmente essere condivisi), mi interessa rilevare che la ricerca di Dubinin di una convalida della genetica con il leninismo e, viceversa, del leninismo con la genetica, risulta essere una operazione, oltre che inutile, forzata.

Secondo il genetista russo, la storia del succedersi delle teorie sui fenomeni ereditari e sulle mutazioni dimostrerebbe la sua tesi[36]. La moderna genetica, ad esempio, richiederebbe una sintesi tra opposti aspetti della realtà, tra il principio della divisibilità del gene ed il principio che, invece, considera il gene stesso come un « sistema biologico individuale », giungendo così all'unione dialettica tra continuità e discontinuità nella struttura ereditaria.

In generale, io credo, affermare che la moderna teoria del gene è materialistico-dialettica (Dubinin), perché attestante la presenza delle leggi della dialettica nei fenomeni biologici, oppure, al contrario, sostenere che essa è « assolutamente inconciliabile con i principi dialettici » e quindi « una teoria idealista in quanto poggia su un postulato di invarianza » (J. Monod)[37], risulta, nonostante la diversità delle argomentazioni filosofiche, ugualmente sterile e, in definitiva, privo di significato concreto. Secondo Dubinin, anche rispetto ai fenomeni della mutagenesi, lo sviluppo delle ricerche ha provato la validità del metodo materialistico-dialettico di Lenin sulla sintesi degli opposti, l'unità dialettica tra fattori interni ed esterni. Secondo la recente teoria del « mis-repair » (sostenuta in prima persona dallo stesso Dubinin), le mutazioni non sono un semplice effetto diretto dell'azione dei mutageni, ma il risultato di processi riparativi, che coinvolgono fattori interni alla cellula (enzimi) e che si verificano dopo l'induzione di un danno sul DNA per mezzo di fattori esterni. L'opinione di Dubinin è che la scoperta dell'attività degli enzimi nei processi di riparazione e di mutazione, alla quale egli ha contribuito come scienziato, ha dimostrato la funzione degli elementi esterni ed interni nei fenomeni delle mutazioni, e quindi ha evidenziato la validità del « nucleo della dialettica, come l'aveva definito Lenin, cioè l'unità della lotta degli opposti come legge generale della realtà e della sua conoscenza da parte del pensiero umano »[38].

Nonostante i molti elementi positivi di frattura rispetto al 'dia-mat' tradizionale, nonostante la correttezza delle argomentazioni scientifiche[39], ho ritenuto utile sottolineare alcuni residui del vecchio scolasticismo

che rappresentano i limiti del pensiero del grande genetista russo. Ciò ripropone il problema dell'interpretazione di quelle parti dell'opera engelsiana che più hanno fatto pensare ad una nuova 'filosofia della natura'. Il materialismo dialettico di Dubinin, al contrario del 'dia-mat' staliniano con le sue 'scomuniche' delle « scienze borghesi », riconosciuta libertà e validità alla scienza (nel caso particolare alla genetica) si appropria dei contenuti e della metodologia della stessa, 'traducendola' nel linguaggio filosofico di una nuova '*Weltanschauung* materialistico-dialettica'; la storia della scienza, in particolare della genetica, sembra essere, secondo il genetista russo, la progressiva realizzazione delle 'idee materialistico-dialettiche', il punto di partenza quindi di una concezione generale del mondo che spiega ogni fenomeno naturale con le leggi della dialettica ed è confermata, a sua volta, dalla natura *tout-court* dialettica delle singole discipline scientifiche (in particolare della genetica moderna)[40]. Anche nella descrizione dell'evoluzione biologica e del processo di ominazione, Dubinin applica le leggi della dialettica. La 'teoria dei salti' nell'evoluzione della vita terrestre traspare anche dalla concezione di Dubinin del rapporto tra l'ereditarietà genetica e l'ereditarietà sociale, tra l'evoluzione biologica e l'evoluzione socio-culturale.

Negli scritti del genetista russo si denota l'intento di evidenziare in modo netto il distacco dell'uomo (in cui l'ereditarietà genetica non ha subito e non subisce evoluzione, mentre l'ereditarietà socio-culturale, non registrata nei geni, ha assunto il ruolo essenziale nell'evoluzione umana) dal restante mondo vivente (soggetto alla selezione naturale, che ne determina l'evoluzione biologica). Secondo Dubinin, per quanto riguarda l'uomo, l'importanza progressiva assunta dai fattori ambientali e dal 'programma sociale' ha relegato ad un ruolo del tutto secondario ed insignificante l'ereditarietà genetica e la selezione naturale. Riporto alcuni passi di Dubinin a sostegno di questa parziale ricostruzione del suo pensiero: « Il lento decorso dell'evoluzione genetica umana fu come surrogato dai veloci processi evolutivi del mondo spirituale dell'uomo e dell'ambiente circostante. Se ne deduce che, dal momento della sua comparsa, l'umanità non ebbe più bisogno del fenomeno dell'ereditarietà genetica. Tutta la storia dell'umanità conferma questa conclusione... L'attuale rivoluzione tecnico-scientifica e sociale sta comportando stupefacenti trasformazioni nel tessuto spirituale dell'uomo e tuttavia non provocherà alcuna evoluzione genetica »[41]... « Dal momento della sua apparizione sulla scena storica della vita universale l'uomo ragionevole, l'Homo Sapiens, non è cambiato in senso fisico e cioè genetico »[42]... « Senza dubbio per l'uomo, che ha cessato di adattarsi all'ambiente e a sua volta lo trasforma, sottraendosi quindi alla selezione naturale, tutto il programma genetico, che caratterizza la specie dell'homo sapiens, presenta una stabilità eccezionale e può persistere per un periodo incalcolabile dell'esistenza futura dell'umanità »[43].
L'accentuazione da parte di Dubinin dell'emancipazione dell'uomo dal-

l'azione della selezione naturale comporta il rischio di cadere in una visione del mondo eccessivamente 'ottimistica' e, quindi, tendenzialmente antropocentrica. La selezione naturale non deve certo essere intesa solo nel senso 'classico' di lotta cruenta per l'esistenza, di competizione e di sopravvivenza del più adatto, bensì nel senso attuale di 'idoneità darwiniana', o 'valore adattativo', o 'indice selettivo', cioè dal punto di vista della differente idoneità riproduttiva. L'allentarsi della pressione selettiva per vari caratteri è un fatto indiscusso; l'evoluzione socio-culturale ha dotato l'uomo di innumerevoli strumenti di difesa rispetto all'azione della selezione naturale. Tuttavia il mutare stesso dell'ambiente, modificato dalla stessa attività umana, ha determinato differenti pressioni selettive per diversi caratteri. Esempi di quanto affermato possono essere rappresentati dalla diversa pressione selettiva esercitata sul gene dell'anemia falciforme, o sul gene della talassemia, in ambiente malarico o non malarico. Si può ritenere, come afferma Th. Dobzhansky, che « certi geni, che erano favorevoli e tollerati in ambienti 'naturali' per i nostri antenati, sono deleteri nei nostri ambienti d'oggi »[44]. Le modificazioni ambientali prodotte dall'uomo in conseguenza dello sviluppo delle forze produttive e dei progressi della tecnologia (inquinamento atmosferico, contaminazioni radioattive, modificazioni del ritmo della vita, del tenore alimentare, cambiamento dei costumi, sofisticazioni di cibi e farmaci ecc.) hanno probabilmente determinato un lentissimo, ma continuo, cambiamento del genoma umano ed una diversa capacità di adattamento alla natura storica in cui viviamo. Nonostante che la medicina, l'assistenza sociale, l'evoluzione socio-culturale in generale, abbiano senz'altro ridotto gli effetti negativi della selezione naturale, « la selezione — che, come afferma Dobzhansky, è tuttora attiva — è ora così 'naturale' come era centomila anni fa »[45].

L'idea della cessazione dell'evoluzione biologica dell'uomo, tesi che Dubinin sembra sostenere, risulta quindi decisamente criticabile. L'evoluzione socio-culturale interagisce con l'evoluzione biologica, indubbiamente più lenta della prima. È stato detto, con un'espressione non del tutto esatta, che tra le due si determina una specie di 'feed-back': le pressioni esercitate dalla selezione naturale vengono modificate dai cambiamenti che si verificano nella cultura e nella storia; d'altronde tali cambiamenti, determinando nuove pressioni selettive, producono, seppure in tempi molto lunghi, un'evoluzione biologica umana, che, a sua volta, influenza (seppure in minima parte rispetto all'ereditarietà sociale, che agisce in modo 'lamarckiano', in quanto non è registrata nei geni) il comportamento dell'uomo rispetto al suo ambiente.

In definitiva la giusta polemica di Dubinin contro il 'biologismo reazionario' ed il riduzionismo rischia di degenerare in una visione eccessivamente ottimistica; l'esigenza di evidenziare il salto qualitativo tra animale e uomo conduce il genetista russo ad accentuare gli elementi di distacco

tra i due e a trascurare quelli di indubbia continuità. D'altronde i limiti del pensiero di Dubinin sono il riflesso delle reali difficoltà insite nel tentativo di inserire i progressi della biologia moderna in un discorso 'ideologico', politico e sociale; in URSS, dopo la riabilitazione della genetica, l'unico campo, in cui, forse, ancora si registra qualche ritardo, è quello della genetica umana. I timori e le riserve di parte del pensiero marxista nell'affrontare i problemi dell'ereditarietà umana, del rapporto tra il genotipo e l'ambiente, tra l'animale e l'uomo, peraltro bene comprensibili in un contesto storico capitalistico, hanno tuttavia portato spesso ad una sottovalutazione dell'elemento naturale e biologico, sintomo di una debolezza sul piano ideologico nella lotta per il raggiungimento di una società senza classi[46]; d'altra parte la tradizionale cultura cattolica ed idealistica ha favorito in alcuni paesi occidentali un'educazione umanistica, caratterizzata dal 'disprezzo' crociano per le scienze.

Per quanto concerne le scienze biologiche, oggi, nonostante il persistere di posizioni ostinatamente antidarwiniste e antropocentriche, la scoperta dell'universalità del codice genetico e gli sviluppi della genetica e della biologia molecolare permettono di affrontare con un nesso storico continuo il problema dell'evoluzione[47]. Lo studio dell'evoluzione molecolare mediante l'analisi delle sequenze di amminoacidi nelle proteine e attraverso l'indagine sulle sequenze nucleotidiche nel DNA e nell'RNA, ha aperto nuove strade per valutare quantitativamente la distanza dal punto di vista filogenetico tra differenti specie e per una più fine comprensione delle variazioni evolutive. Anche l'uomo, come il batterio, traduce con lo stesso meccanismo fondamentale il messaggio genetico inscritto nei suoi geni. Ciò non comporta, ovviamente, una volgare analogia tra batteri e uomo. Nello studio dei sistemi biologici è necessario riconoscere l'unitarietà dei processi metabolici che contraddistinguono sia la cellula batterica che quella eucariotica; contemporaneamente tuttavia è indispensabile cogliere la specificità dei meccanismi di regolazione dell'informazione genica ed il significato funzionale dell''apparizione' di nuovi livelli di organizzazione nel nucleo e nel citoplasma della cellula degli organismi superiori. Per quanto concerne i rapporti della biologia con le altre scienze, la consapevolezza della comparsa di 'integroni' differenti, di fenomeni qualitativamente diversi, la cui indagine richiede metodologie e concetti specifici, non deve tuttavia comportare una sottovalutazione degli elementi di continuità e di interazione tra il livello chimico-fisico, il livello biologico e quello storico sociale. Tale sottovalutazione può comportare il pericolo di un allontanamento da una concezione materialistica dei fenomeni naturali e sociali.

Anche attraverso una riflessione sul 'caso Lysenko', sulla storica saldatura tra neolamarckismo e materialismo dialettico staliniano, il pensiero contemporaneo può essere chiamato a pronunciarsi su queste tematiche, in

particolare sui rapporti tra marxismo e scienze naturali, non con il facile rituale delle citazioni dai classici, ma con un'analisi critica scientifica, collegata ad un continuo, responsabile impegno sociale.

F. B.

RINGRAZIAMENTI

Per cortese concessione del Prof. Silvano Tagliagambe e della Casa Editrice Feltrinelli, che vivamente ringrazio, ho potuto consultare, nella traduzione italiana del Prof. Tagliagambe, gli interventi di N. I. Vavilov e di T. D. Lysenko alla Conferenza sulla genetica e sulla selezione, organizzata dalla rivista 'Pod znamenem marksizma' nel 1939, e pubblicati nello stesso anno sul numero II del periodico.

BIBLIOGRAFIA E NOTE

1 C. D. DARLINGTON, *I fenomeni della vita*, Macrì, Firenze, 1953. Analoga affrettata identificazione si può ritrovare anche nel saggio di J. MONOD *Il caso e la necessità*, Edizioni Scientifiche e Tecniche Mondadori, Milano, 1970.

2 Segnaliamo, per la preziosa documentazione storica, le opere di D. JORAVSKY, *Soviet marxism and natural science*, Columbia University Press, New York, 1971 e *The Lysenko affair*, Harvard University Press, Cambridge, Massachussetts, 1970. Va altresì ricordato il libro del biologo russo Z. A. MEDVEDEV *L'ascesa e la caduta di T. D. Lysenko*, Mondadori, Verona, 1973, ricco di interessanti informazioni sulle fase della lotta condotta da Lysenko contro la genetica classica; in questa opera, tuttavia, manca un'interpretazione storica che vada al di là delle generiche affermazioni sul carattere totalitario dello stalinismo, causa determinante della rigida centralizzazione amministrativa della scienza. Tale superficialità di giudizio porta, d'altronde, l'autore a mitizzare ingenuamente la libertà di ricerca nei paesi capitalistici.

3 L'opera di DOMINIQUE LECOURT, *Lysenko, Histoire réelle d'une science prolétarienne*, tradotta in italiano con il titolo *Il caso Lysenko*, Editori Riuniti, 1977, presenta numerosi spunti ed intuizioni interessanti sui collegamenti tra il successo di Lysenko e le scelte politiche ed ideologiche del periodo staliniano, pur essendo peraltro carente di una soddisfacente ricostruzione delle premesse storiche e culturali della nascita e del trionfo della scuola agrobiologica sovietica. Emergono per la lucida rigorosità nella ricostruzione storica i recentissimi contributi offerti da S. Tagliagambe, nei quali si ripercorrono le tappe fondamentali del dibattito politico, filosofico ed ideologico prima e dopo la Rivoluzione d'Ottobre, presupposti essenziali per la comprensione della saldatura tra 'lysenkoismo' e stalinismo (cfr. S. TAGLIAGAMBE, *I rapporti tra scienza e filosofia in Unione Sovietica*, VII vol. della *Storia del pensiero filosofico e scientifico*, di L. GEYMONAT (1976); cfr. l'introduzione dello stesso TAGLIAGAMBE alla nuova edizione del libro di J. HUXLEY, *La genetica sovietica e la scienza*, Longanesi, Milano, 1977.

4 S. TAGLIAGAMBE, *Introduzione* a *La genetica sovietica e la scienza* di J. HUXLEY, Longanesi, Milano, 1977, pp. LII-LIII.

5 S. TAGLIAGAMBE, *op.cit.*, p. LX.

6 Cfr., ad esempio, N. G. ČERNYŠEVSKIJ, *Le razze*, tradotto e presentato da M. ACANFORA su Rassegna Sovietica, n. 2, 1976.

7 C. B. DAVENPORT, *Heredity in relation to Eugenics*, Holt, New York, 1911.

8 H. J. MULLER, *Proceedings of the 3rd international Congress of human genetics*, Johns Hopkins Univ. Press, Baltimora, 1920, citato in: N. P. DUBININ, *La genetica e il futuro dell'uomo*, Editori Riuniti, Roma, 1973, p. 47.

9 « Questa situazione — scrive D. Lecourt — ... era il prodotto di una linea politica determinata che, avendo posto la questione contadina in termini unicamente 'tecnici', ebbe l'effetto di creare all'interno delle campagne una differenziazione sociale di tipo nuovo tra i 'semplici' kolkosiani e i quadri tecnici, la cui ideologia si cristallizzò attorno alle due parole d'ordine successive di Stalin: 'la tecnica decide di tutto' e 'i quadri decidono tutto'. La forma agricola di questa ideologia fu il 'lysenkoismo' ». (D. LECOURT, *Il caso Lysenko*, Editori Riuniti, 1977, p. 81). In seguito, dopo la 2ª guerra mondiale, la vernalizzazione non fu più propagandata dallo stesso Lysenko; il notevole lavoro, la spesa necessaria per l'attrezzatura tecnica e le difficoltà nell'evitare la germinazione precoce dei semi non erano ripagati dall'insignificante aumento dei raccolti.

10 D. LECOURT, *Il caso Lysenko*, Editori Riuniti, 1977, p. 60.

11 Tali ingenuità avevano costituito essenziali punti di attacco di Lysenko alla gentica: « L'assunzione del rapporto $(3:1)^n$ e di un unico grado e misura di diversificazione di tutte le discendenze ibride nell'una o nell'altra combinazione, porta ad una completa indifferenza nei confronti delle condizioni in cui viene allevata o coltivata la prima generazione di ibridi... come ebbe modo di dire già K. A. Timirjazev, deridendo i mendelisti: tre con i caratteri del papà, uno con i caratteri della mamma, oppure viceversa tre con i caratteri della mamma e uno con quelli del papà » (T. D. LYSENKO, *Intervento alla Conferenza sulla genetica e sulla selezione*, organizzata dalla rivista 'Pod znamenem marksizma' e pubblicato sul numero II del 1939 del periodico, traduzione di S. TAGLIAGAMBE).

12 N. I. VAVILOV, *Lavori della Conferenza pansovietica per la pianificazione delle ricerche di genetica e selezione*, Leningrado, 25-29 giugno 1932, Acc. Sc. URSS, Leningrado, 1933, citato da Lysenko nel suo intervento del 1939 alla Conferenza sulla genetica e sulla selezione già segnalato nella nota precedente.

13 T. D. LYSENKO, *Nuove vie della biologia*, Edizione Macchia, Firenze, 1949.

14 Cfr. *La situation dans la science biologique*, Session de l'Académie Lénine des Sciences agricoles de l'URSS, 31 juillet - 7 août 1948, compte rendu stenographique, Editions en langues étrangères, Moscou, 1949.

15 Cfr. O. B. LEPEŠINSKAJA, *Les processus vitaux dans la période précellulaire*, Questions Scientifiques, II Biologie, 1953.

16 Cfr. G. M. BOŠ'JAN, *Nuovi orientamenti della scienza sovietica nella vita*, Rassegna Sovietica, n. 1, 1953.

17 Cfr. P. V. MAKAROV, *Critiques des bases cytologiques de la théorie chromosomique de l'hérédité*, Questions Scientifiques, II Biologie, 1953.

18 T. D. LYSENKO, *op. cit.*, p. 39.

19 È da segnalare che dopo il 1948 l'"Associazione italiana per i rapporti culturali con l'URSS' curò la pubblicazione periodica del bollettino *Studi di Agrobiologia* che conteneva, tradotti in italiano, i più importanti lavori sovietici di agrobiologia. Bisogna ricordare altresì che nei paesi occidentali non mancarono dure critiche all'agrobiologia di Lysenko; anche tra i biologi comunisti si verificarono reazioni e dissensi nei confronti del 'micurinismo'; J. B. S. HALDANE e H. DALE si dimisero per protesta dai rispettivi P. C., altri biologi (ad esempio M. PRÉNANT e M. ALOISI) espressero pubblicamente le loro critiche. Cfr., in particolare, M. ALOISI, *La situazione delle scienze biologiche*, Società, anno X, n. 6, dic. 1954.

20 J. SÉGAL, *Micurin, Lysenko e il problema dell'eredità*, Universale Economica, Milano, 1952.

21 T. D. LYSENKO, citato da J. HUXLEY in *La genetica sovietica*, Longanesi, 1952, p. 118.

22 Anche l'interessante ipotesi dell'"assimilazione genetica' di C. H. WADDINGTON (Cfr. C. H. WADDINGTON, *Genetic Assimilation*, Adv. Genet., 12, 257-293, 1961) « offre una interpretazione di alcuni fenomeni apparentemente neolamarckiani, che rientra nel quadro della concezione selezionistica, sperimentalmente dimostrata dalla genetica moderna ». (G. MONTALENTI, *Introduduzione alla genetica*, UTET, Torino, 1971, p. 103). D'altronde gli stessi recenti sviluppi della biologia molecolare (in particolare le acquisizioni intorno alla regolazione della trascrizione e della traduzione dei geni nella cellula batterica e negli eucarioti) e i recenti progressi nel campo della biologia virale (in particolare la scoperta da parte di H. M. TEMIN e D. BALTIMORE della DNA polimerasi RNA-dipendente — o trascriptasi inversa — negli oncornavirus) non autorizzano a recuperi a livello molecolare delle concezioni lamarckiane (Cfr. ad esempio F. CRICK, *Central dogma of Molecular Biology*, Nature, 227, pp. 561-563, 1970).

23 Tra i contributi più interessanti, apparsi di recente, si possono ricordare: E. BELLONE, L. GEYMONAT, G. GIORELLO, S. TAGLIAGAMBE, *Attualità del materialismo dialettico*, Editori Riuniti, Roma, 1974. L. COLLETTI, *Intervista politico-filosofica*, Laterza, Bari, 1975. L. ALTHUSSER, *Filosofia e filosofia spontanea degli scienziati*, De Donato, Bari, 1976; si veda anche la prefazione di L. ALTHUSSER alla già citata opera di D. LECOURT, nonché la prefazione di M. ALOISI all'edizione italiana dello stesso libro. G. CICCOTTI, M. CINI, M. DE MARIA, G. JONA-LASINIO, *L'ape e l'architetto*, Feltrinelli, Milano, 1976; segnaliamo anche la polemica successiva alla pubblicazione di questo libro, soprattutto riguardo al rapporto ideologia-scienza, riportata in parte sulle pagine del settimanale *L'Espresso*. A. BARACCA, A. ROSSI, *Marxismo e scienze naturali*, De Donato, Bari, 1976. Va ricordato infine che numerosi contributi di notevole interesse sono apparsi in questi ultimi anni sulla rivista *Scientia*.

24 F. ENGELS, *Dialettica della natura*, Editori Riuniti, Roma, 1971, pp. 184-185. È doveroso tra l'altro notare che la *Dialettica della natura* fu pubblicata nel 1925 in URSS in base ad una raccolta di manoscritti ritenuti da Engels stesso largamente incompiuti.

25 I. V. STALIN, *Anarchia e socialismo*, in *Opere complete*, Edizione L'Unità, Roma, 1950, Vol. I, p. 334.

26 Si può tuttavia notare che l'eccessiva accentuazione della funzione determinante dell'ambiente, l'ereditarietà dei caratteri acquisiti, poteva assumere anche un significato ideologico profondamente diverso da quello attribuitogli dai lamarckisti sovietici; il biologo marxista J. B. S. HALDANE scriveva a tale psoposito, nel suo libro *Science and everyday life* del 1939: « I biologi reazionari, come il prof. Mac Bride, che ritiene che i disoccupati dovrebbero essere sterilizzati, adoperano naturalmente la teoria della trasmissione dei caratteri acquisiti per fini politici. È sciocco, essi dicono, immaginare che i figli dei lavoratori manuali studino o che i figli di razze da lungo tempo oppresse si autogovernino ». (Citazione riportata da J. HUXLEY in *La genetica sovietica*, Longanesi, Milano, 1952, p. 37).

27 A questo proposito ritengo necessario ricordare l'interessante polemica di SEBASTIANO TIMPANARO contro le tendenze ostinatamente antropocentriche nel pensiero marxista, nella quale si evidenzia il periodo di cadere in un sociologismo storicistico astratto al di fuori di una concezione materialistica della storia e della natura. (Cfr. S. TIMPANARO, *Sul materialismo*, Nistri Lischi, Pisa, 1975, 2ª ediz.).

28 Bisogna rilevare tuttavia che con la definizione generica di 'marxismo occidentale' si comprendono indirizzi tra loro eterogenei, che vanno dalla scuola di Francoforte agli 'austromarxisti', dal pensiero di G. LUKÁCS a quello di A. PANNEKOEK e K. KORSCH. Ciò nonostante il minimo comune denominatore, che collega in un certo senso tali autori e li avvicina, paradossalmente, agli esponenti del 'dia-mat' staliniano, è rappresentato da una sostanziale sottovalutazione dell'importanza di una interpretazione materialistica della natura. A questo proposito scrive S. TAGLIAGAMBE: « Il marxismo sembra così condannato ad oscillare pericolosamente tra una visione del mondo che, pagato il pedaggio di un omaggio formale alle scienze, se ne va poi per la sua strada, senza tenere nella dovuta considerazione le indicazioni fornite concretamente dalla ricerca scientifica, e una concezione filosofica volta a esasperare e radicalizzare il contrasto tra scienze storiche e scienze della natura, a tutto vantaggio delle prime ». (S. TAGLIAGAMBE, *I presupposti materialisti del marxismo*, in *Attualità del materialismo dialettico*, Editori Riuniti, Roma, 1974, p. 125).

29 Cfr. H. MARCUSE, *Soviet Marxism*, New York, 1958.

30 *Prefazione* di L. COLLETTI a *Il concetto di natura in Marx* di ALFRED SCHMIDT, Laterza, Bari, 1973.

31 D'altronde la tesi di L. Colletti di una totale estraneità e contrapposizione di Marx al pensiero di Engels appare decisamente poco sostenibile, come rileva con notevoli dettagli L. LOMBARDO RADICE nella sua *Prefazione* a *La dialettica della natura*, Editori Riuniti, Roma, 1971. Di recente lo stesso Colletti ha sottoposto a rettifica tale tesi: « La mia opinione sul rapporto tra Marx ed Engels è oggi molto meno rigida e più ricca di sfumature... è riprovevole conferire un'aurea sacrale a qualsiasi pensatore, Marx compreso. Oggi respingo del tutto un atteggiamento di questo genere, anche se devo ammettere che posso averlo incoraggiato nel passato ». (L. COLLETTI, *Intervista politico-filosofica*, Laterza, Bari, 1975, pp. 25-26).

32 W. HOLLITSCHER, *L'immagine scientifica della natura*, Edizione La Pietra, Milano, 1972.

33 È doveroso ricordare l'ottima introduzione critica di L. LOMBARDO RADICE, in appendice al libro di HOLLITSCHER *L'immagine scientifica della natura*, Edizione La Pietra, Milano, 1972; da essa emerge una lucida impostazione metodologica nell'analisi marxista del 'paradosso del marxismo dogmatico' e traspare la contrapposizione sostanziale alla concezione del materialismo dialettico e della scienza dello studioso austriaco.

34 Gli scritti di DUBININ ai quali mi riferisco sono: *La genetica e il futuro dell'uomo*, Editori Riuniti, Roma, 1973; *Biologia e società*, Rassegna Sovietica, n. 2, 1973; *Problemi di genetica e sviluppo della filosofia marxista*, Genetika, n. 4, 1970; *La grande rivoluzione socialista di ottobre e il progresso della genetica in URSS*, Genetika, n. 10, 1967.

35 N. P. DUBININ, *Problemi di genetica e sviluppo della filosofia marxista*, Genetika, n. 4, 1970, p. 25.

36 Cfr. N. P. DUBININ, *art. cit.* in nota 35.

37 J. MONOD, *op. cit.*, in nota n. 1, p. 43. Questa tesi era sostenuta, a scopi opposti, dallo stesso Lysenko.

38 N. P. DUBININ, *art. cit.* in nota n. 35, p. 30.

39 Si veda anche il valido testo di genetica di N. P. DUBININ, *Genetica Generale*, Editori Riuniti - Edizioni Mir, 1976.

40 Il pericolo di cadere in astratte generalizzazioni sovrapposte al contenuto della scienza è evidente in taluni studiosi che si richiamano al 'materialismo dialettico'. Scrive D. LECOURT: « Abbondano le opere di filosofi 'marxisti' che si ingegnano a scoprire a posteriori, nelle diverse scienze, le 'applicazioni' del materialismo dialettico, delle applicazioni che, in questo caso, nel rapporto di posteriorità e di esteriorità che hanno con il loro 'oggetto', posseggono la particolarità di non apportargli alcun mutamento » (D. LECOURT, *op. cit.* p. 133).

41 N. P. DUBININ, *La genetica e il futuro dell'uomo*, Editori Riuniti, Roma, 1973, p. 24.

42 N. P. DUBININ, *op. cit.* in nota n. 41, p. 90.

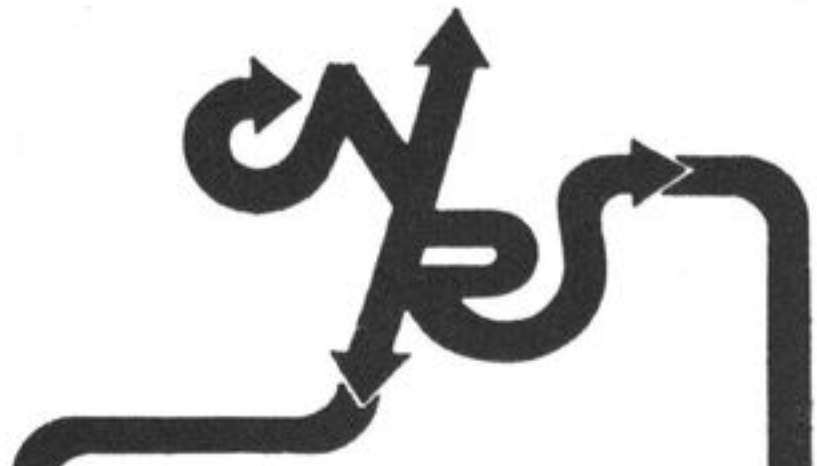
43 N. P. DUBININ, *Società e biologia*, Rassegna Sovietica, 1973, n. 2, p. 56.

44 TH. DOBZHANSKY, *L'evoluzione della specie umana*, Einaudi, Torino, 1965, p. 314.

45 TH. DOBZHANSKY, *op. cit.*, p. 337.

46 A questo proposito scrive S. TIMPANARO: « E tuttavia l'unilateralità finisce col costituire, alla lunga, un elemento di debolezza nella polemica stessa contro l'avversario di classe, il quale approfitterà della forzatura inerente a questa riduzione di tutto il biologico al sociale per rilanciare ideologie scientistico-reazionarie o addirittura irrazionalistiche ». (S. TIMPANARO, *op. cit.* in nota n. 27, prefazione alla 2ª edizione, p. XXVI).

47 Le concezioni antropocentriche e l'idea di un ruolo predestinato dell'uomo nell'universo rappresentano corollari fondamentali dell'idealismo e dello spiritualismo di ispirazione cattolica, funzionali al mantenimento di un ordine sociale capitalistico; « La caduta della tradizionale concezione antropocentrica — scrive G. Montalenti — comporta inevitabilmente la ruina di tutta una struttura sociale ed economica che poggia sulla base della investitura divina, la quale, in ultima analisi, stabilisce che vi siano i signori e i sudditi, i ricchi e i poveri (tanto è vero che, per tenerli contenti, ad essi è promesso più facile ingresso nel regno dei cieli), i sani e i malati, vincitori e vinti, bianchi neri e gialli, e quante altre differenze si riscontrano, o si stabiliscono tra la gente umana » (G. MONTALENTI, *La rinascita del darwinismo*, De Homine, 53-66, Sansoni Ed., Roma, dic. 1975, p. 7).



- La physique des anneaux de collision (colloque) . . . . . 180 F
- Géologie et paléontologie du gisement de Gadoufaoua, par Philippe Taquet . . . . . 115 F
- Annales de spéléologie 1976 - Tome 31 . . . . . 160 F
- Chimie du solide et métallurgie. Rapport de prospective . . . . . 10 F
- Acides nucléiques et synthèse des protéines chez les végétaux (colloque) . . . . . 210 F
- Microplancton du crétacé supérieur du Gabon, par Boltenhagen . . . . . 95 F
- Mécanismes de la rudimentation des organes chez les embryons de vertébrés (colloque) . . . . . 190 F
- Revision des foraminifères de la collection d'Orbigny II - foraminifères de l'île de Cuba - Tome 1, par M. Le Calvez . . . . . 48 F
- The treatment by computer of medieval arabic biographical data: an introduction and guide to the onomasticon arabicum . . . . . 20 F
- Le Népal, écologie et biogéographie, par J. F. Dobremez 190 F
- Analyse et validation dans l'étude des données textuelles 47 F

Documentation S gratuite sur demande.

Editions du CNRS

15 quai Anatole France 75700 Paris

CCP Paris 9061-11 - Tel 555 92.25

The 'Lysenko Affair' in the Framework on the Relations Between Marxism and the Natural Sciences

FILIPPO BELARDELLI
Università di Roma

INTRODUCTION - I

A preliminary *sine qua non* for understanding the meaning of the scientific, philosophic and political debate between neo-Darwinists and neo-Lamarckists that took place in the Soviet Union in the 'thirties and culminated in 1948 in the official support of the Bolshevik party being given to the Lysenko school is not to limit one's inquiry to the facile confutation at scientific level of the single experiments and theorisations of the Soviet agrobiologists. Openly scandalized attitudes before the fraudulent and repressive methods used by T. D. Lysenko to get his theories acclaimed, are not enough to explain this page in the history of the science of the Soviet Union. Such reductive approaches are very common in numerous scientists who get indignant only over things connected with their narrow specialist field, and who are accustomed to carrying out their own analyses in complete freedom from any historical, philosophic or scientific context. A number of biologists consider the 'Lysenko affair' to be the result of a « dogmatic and confident morality like the Marxist one in a Marxist state »[1] and equate Marx's thinking with 'dia-mat' *tout court*. This kind of approach is of little use in understanding the causes of the spread of 'Lysenkoism' through Soviet ideology during the Stalinist period.

Some thirty years after the triumph of the Lysenko school in the Soviet Union, most of the historical reconstruction studies[2] have still not reached an exhaustive interpretation and have often been restricted to a 'chronicle of events'. The recent contributions by Dominique Lecourt and Silvano Tagliagambe[3] on the subject stand out amid the customary superficiality and, in spite of their different methodological approaches, perhaps represent the only real attempts made to relate the 'Lysenko affair' rigorously back to its necessary and complex historical context. The rise and spread of 'Lysenkoism' the transformation of the thought of Marx, Engels and Lenin into a 'dialectical materialistic' ontology allegedly confirming the 'agrobiological theories' are part and parcel of Soviet ideology and history during the Stalinist period. A careful analysis of the philosophico-ideological theorisations and of the political choices of the Bolshevik party at the time certainly helps us to understand the influence the historical events of those years exerted on the statement of Lysenko's theories, which were defined as « proletarian science » as opposed to classical genetics, which was branded as « bourgeois science ». This does not mean, however, that Stalin can be considered as the scapegoat for all the evils, as being responsible for all the degeneration.

To critically appreciate the significance of the bond between Stalinism and 'Lysenkoism' essentially means to reconstruct the historical events and the various phases of the political, philosophic and scientific debate after the October revolution. The

particular historical, economic and political situation after 1917, and especially after the 'thirties, the ideological tensions implicit in the attempt to build a sócialist society in a backward country, the 'capitalistic encirclement' of the government of the Soviets, the difficult international situation after the rise to power of the Nazi-Fascist regimes and the consequent political and military isolation, are all essential aspects of this inquiry. As is carefully documented by S. Tagliagambe, « the antagonism between 'bourgeois science' and 'proletarian science' does not date back to 1948 or even to 1935 but to several years before Stalin came to power »[4]. This rigid counter position originated in the politico-cultural debate prior to the October revolution, in particular, in the program of the Vperëd (Forward) group. It is found after 1917 in the more radical sections of the 'Proletkult' and is echoed, although in quite different forms, in the thinking of A. S. Bogdanov, N. I. Buharin himself and other leading Bolsheviks. In spite of Lenin's deep hostility towards those who « prate too lightly of proletarian culture » and his indication « of the need for militant materialism to enter into increasingly close alliance with the representatives of modern natural sciences to avoid being condemned to 'not being in any case either militant or materialism' »[5], the continual recurrence and spread under Stalin of the dichotomy between bourgeois science and proletarian science reflected the fear of possible concessions being made to bourgeois ideology in a historical context in which, the revolutionary drive having ceased, the main task appeared to be the consolidation of the Bolshevik state. With the abandonment of critical pluralism and the anti-triumphalistic spirit of Lenin's latter-day writings, 'proletarian science' was reduced to the ideology of Bolshevik technology and became a mere tool to justify and achieve the objectives imposed by planning. Although it is true that in this period an outright rejection of the whole of Western science can be observed — ranging from genetics to quantum and relativistic physics, from the formalisation of logic to resonance theory and cybernetics — the specific and complex reasons underlying the statement that Lysenko's school arose out of neo-Lamarckism heavily contaminated by vitalism must be emphasized. In the peculiar historical atmosphere prevailing during Stalinism and the 'construction of socialism in only one country', the tributaries flowing into 'Lysenkoism' were the environmentalistic cultural precedents of many pre-Marxist Russian materialists who were profoundly immersed in external Lamarckian determinism (D. Pisarev, N. G. Cernyševskij, N. A. Dobroliubov and others),[6] Russian national-populist tradition, the practical empiricism of I. V. Mičurin's agronomic school and a dialectical materialist ideology which, although partially incorporated in the philosophic thinking of G. V. Plehanov and other 'Russian marxists', appeared in the original forms of Stalinist dialectical materialism.

The rhetorical parallel between Stalin the transformer of history and Lysenko the transformer of nature (frequently found in the scientific publications of the time) expressed the ideological connection between the Stalinist voluntaristic subjectivism emerging not only from Stalin's writings but also from his political action, and the Lysenkian conception of the absolute and adaptive modification of heredity by the environment. The latter seemed to be a much better 'guarantee' of the grand five-year plan objectives than the theories of N. I. Vavilov and the neo-Darwinists.

SCIENTIFIC AND IDEOLOGICAL ASPECTS OF THE DEBATE ON GENETICS - II

It is significant that until almost the mid-'thirties the debate between Mendelian-Morganist geneticists and neo-Lamarckists had not come under the direct influence of action by the Bolshevik party. Darwinism had been brought into Russia and spread by numerous biologists and naturalists, most of whom accepted the validity of G.

Mendel's laws. Even K. A. Timirjazev, a well known Russian physiologist and naturalist, who was arbitrarily considered to be a forerunner of the Lysenko school, in an address delivered on the 50th anniversary of the publication of C. Darwin's work (1909), had defined Mendelism as one of the greatest and most fruitful research approaches to heredity. Despite the fruitfulness of 'Mendelian analysis' as regards the development of biological knowledge, however, one must not forget, if the ideological aspects of the clash between neo-Darwinists and neo-Lamarckists is to be understood, the one-sidedness of this methodology and the hasty generalisations by which numerous geneticists allowed themselves to be tempted. At the beginning of the 20th century, enthusiasm over the rediscovery of Mendel's laws led to overconfidence in the possibility in the short run of explaining all hereditary processes, even typically human ones, in terms of Mendelism (C. B. Davenport, for instance, although aware of man's polygenic heredity, claimed that nomadism and criminality were inherited as simple Mendelian units)[7]. The eugenic movements that sprang up in England under F. Galton and later flourished particularly in Nazi Germany, often availed themselves of a pseudo-scientific framework and frequently used a neo-Mendelian terminology. This is the cultural and historical background against which the ideological clash over genetics took place in the Soviet Union.

In 1925 two main biological research centres were opened: the 'Timirjazev State Institute for the Study and Propaganda of Natural Science from the standpoint of Dialectical Materialism', which was the centre of neo-Lamarckian research, and the 'Section of the Communist Academy of Natural and Exact Sciences', which grouped together such distinguished Communist geneticists as J. I. Agol, S. G. Levit, J. A. Filipčenko, A. S. Serebrovskij, M. M. Zavadovskij. The neo-Lamarckists' attacks on classical genetics took two main directions: on the one hand, they accused the 'Mendelist-Morganists' of having a deterministic and not a dynamic and evolutionary concept of heredity, and of setting ideological limits to the growth of farm production and to the process of plant variation; on the other hand, they considered the 'gene theory to be a potential scientific basis for justifying the inequality of men and racist ideology. Moreover, numerous geneticists with Soviet government sympathies had been deeply influenced by the eugenic theories. H. J. Muller, whose radio-genetic discoveries had received much publicity also in the Soviet press, had claimed that the only way of improving mankind was to control reproductive activity and to select the 'best' phenotypes[8]. Again, numerous Russian geneticists such as N. V. Kol'cov, A. S. Serebrovskij, J. A. Filipčenko, had been seduced by the eugenic theories. The growth of Soviet neo-Lamarckism was thus, to a large extent, a mistaken reaction to the reactionary exploitation of Mendelism and genetic determinism of many Western biologists. On the other hand, the choice of neo-Lamarckism was a naive solution in the face of the pressing problems the Soviet government had to deal with and, albeit in a distorted way, reflected the vital need of Soviet ideology to inject into the masses a powerful dose of confidence in the probability of a rapid improvement in the material, cultural and hygienic conditions of the Russian people, quite independently of any rigidly deterministic conceptions.

At the beginning of the 'thirties, while the internal political struggle to liquidate the opposition was growing in intensity, in name of the 'particity' of culture and science, the process of 'Bolshevization' of philosophy began, which meant a change compared with the pluralism of the NEP, and led to the determined attack on the « Hegelism of the Deborinians » and the mechanistic « vulgarisers » of Marxism later becoming the Stalinist 'dia-mat'. Moreover, the resolution of the 16th Congress of the Communist Party of the Soviet Union

(June-July 1930) at which the cry went up to launch the Socialist attack on the scientific front against the « bourgeois » contents of science was indicative of the need to have a « Bolshevik » science that could serve as a tool for the rapid implementation of the objectives of the five-year plans and of the policy of the 'enforced collectivisation' of country areas. It was in the framework of Stalin's campaign for the 'Bolshevization' of science and technology that, in 1932, the vernalization of grain, the technique propagandized by the Bolshevik Lysenko, was introduced on collective and state farms. Until the mid 'thirties Lysenko had not yet participated in the philosophic and ideological debate on genetics and the hereditary nature of acquired characters. In fact, it must be observed that the success of the agrobiological theories was due largely to their apparent practical applications in agricultural production. Indeed, originally the favour encountered by Lysenko's ideas was linked to the rise of a generically anti-philosophic attitude which rated practice above theory. The 'peasant scientist' movement and the party watchword that all laboratories were to be transferred to the country were aspects of the empiricism and pragmatism reigning during the Stalinist period which favoured the monopoly of the agrobiological school.

The publicity received by Lysenko's first works on vernalization (or jarovization) was favoured by the huge losses due to frost suffered by the winter crops in previous years in the Ukraine, so that the technique of vernalizing wheat came to be considered a possible safeguard against further farm production disasters. Lysenko's promises won the support of thousands of farmers on the collective farms. As early as 1934, the jarovisation of the Spring wheat crops had been implemented on more than 25,000 collective and state farms in various regions and provinces of the Soviet Union. The 2nd five-year plan marked the beginning in the country areas of the « class struggle on the vernalisation front » against the Kulaks and « the enemies of the people »[9]. The over-estimation of the immediate potentialities of Bolshevik technology is a general tendency in Soviet ideology during the Stalinist period. The writings of Stalin and most 'dia-mat' leaders, in fact, are coloured by a rose-tinted conception of 'avant-garde science', a great confidence in progress conceived as a straightforward and painless process (typical, in Europe, of the whole of nineteenth century positivist philosophy), a fetishization of technology and an ideology of work (see in particular the definition given to Lysenko's followers as « Stakanovists of agriculture »). These were all symptoms, however, of an overall underestimation of the problems relating to production and class relationships.

From the vernalization theory, in itself merely an aspect of applied plant physiology, Lysenko derived his own conception of biology in which he combined the ideas of J. B. Lamarck on the hereditary nature of acquired characters, I. V. Mičurin's interpretations of the development, selection and formation of new plants by means of grafting and his experiments on the supposed reversibility of the Winter or Spring character of wheat as a function of the environmental conditions. The so-called « theory of the stadial development of plants» was proclaimed by Lysenko as the only biological concept consistent with dialectical materialism and attesting the modificability of the hereditary nature of organisms according to human desires. Moreover, faith in the total transformability of nature can be found in the well-known work by I. V. Stalin *Dialectical materialism and historical materialism* where no reference at all is made to the conditioning exerted on man by his very biological structure and the laws of nature.

Another aspect of the dialectical materialism which grew up during the Stalin period and was complementary to the idealistic conception of relations between man and nature was the need to contain reality within absolute and universal laws, to provide the

Russian people with an exhaustive and univocal picture of human knowledge. The ideological tension arising out of the need to insist upon the absoluteness of this knowledge and the absolute and unquestioned supremacy of Bolshevik technology (which in those years mainly reflected the political necessity of reaffirming the certainty of having reached a classless society and the justness of the five-year plans) was the main cause of the outright rejection of Heisenberg's 'physical indeterminism' and Einstein's relativistic physics as well as, in the case of biology in particular, of the concept of genetic mutation, owing to the probabilistic criterion by means of which alone it could be predicted and verified.

The great struggle between Lysenko's 'agrobiology' proclaimed as « Socialist biology », and classical genetics, defined as « reactionary Mendelism-Morganism », began in 1936-37. Also in this case the origin of this mechanical contrast between bourgeois science and proletarian science can be seen to lie in the schematic conception of the relation between structure and superstructure as conceived in Stalin's *Dialectical materialism and historical materialism*. That is, in view of the socialist character of the Soviet economic structure, also the contents of science, which are components of the superstructure just like morality, the judicial institutions and education, had to be directly Socialist. This argument, coloured as it was by national pride in the Russian cultural tradition, gave rise to the indiscriminate rejection of the whole of Western science and the resistance to 'cosmopolitism'. Also Lysenko's new biology was thus raised to the level of a symbol of the revival of Russian science which, as the expression of the creative originality of the 'Slavic genius' was capable of controlling even natural phenomena in the Socialist society.

As D. Lecourt points out « to the great misfortune of Soviet genetics and agriculture, genetics was condemned at the very time in which it was becoming operative in agronomy... A singular irony of history, in which the 'rate of progress' of a science was 'overtaken' by the needs of ideology and politics »[10].

In the very years in which 'formal' genetic was receiving contributions from cytology and plant physiology and being applied on an increasingly large scale in agriculture with the introduction of hybrids among pure lines (heterosis), the discovery of new physical and chemical mutagens and of polyploidy inducing agents, at the very time when Mendelism, having progressed beyond the naive schematism of its earlier supporters (e.g. the much-abused postulate of one gene — one character, and the mecanical search for the Mendelian ratio of 1 : 3 in all second-generation hybrids)[11] and had attained a more 'dialectical' interpretation of hereditary phenomena through the understanding of the so-called atypical Mendelian ratios, polygenic heredity and pleiotropy, and was being integrated with the first results of the chemical genetics of microorganisms (G. W. Beadle and F. L. Tatum, 1940) and the new science of molecular biology (O. T. Avery and co-workers, 1940), there began in the Soviet Union a process of liquidating genetics on the charge of its being a « bourgeois science ». It must be stressed, however, that the actual separation of genetics from the practice of selection, especially up to the mid 'thirties, which was acknowledged as a limit even by N. I. Vavilov in 1932[12], prepared the way for Lysenko's demagogic controversy against 'Mendelism-Morganism'.

THE 1948 SESSION OF THE LENIN PANSOVIET ACADEMY OF AGRARIAN SCIENCE. MIČURINIST BIOLOGY - III

The later phases of the Lysenko school's campaign against 'Mendelism-Morganism' are sufficiently well known and call for no detailed account. In the pre-war atmosphere in which the 3rd five-year plan began,

the crisis in agricultural production in the country areas and the severe repression of all forms of dissent favoured the determined attack launched in 1939 by the Lysenkoists on Vavilov's school. In the later period of the 'cold war' between the Soviet Union and the capitalist countries, the great ideological campaign against Western influence in literature, art and science, which was begun mainly by A. A. Ždanov in the Summer of 1946, was dictated by political and ideological isolation and by the need to publicise the superiority of the Soviet Socialist system in all fields. It is against this background that the famous 1948 session of the Lenin Pansoviet Academy of Agrarian Science ratified the monopoly of the Lysenko school and the official liquidation of genetics.

Lysenko's report to the 1948 session may be considered as the manifesto of 'Soviet agrobiology'[13]. The preliminary part was devoted to a criticism of the ideas of A. Weismann and the neo-Darwinists, the controversies with 'reactionary Mendelism-Morganism' and with the Russian geneticists. In the second part of the report, Lysenko set out the basic principles of Mičurin's biology, defining it as « creative Soviet Darwinism » and announced the official support of the Party, the Government and Stalin himself for his theories.

The debate on the Lysenko report turned into a kind of political trial against genetics[14]. The addresses of the Mičurinists, in addition to supporting the equation Mendelism-Morganism = « physical idealism », « Machism », « racist eugenics », also denounced the alleged antinational nature of genetics, which was considered to be the expression of hostile foreign culture in antithesis to the tradition of the Russian people. On the other hand, most Russian geneticists defended themselves against their opponents' accusations, repudiating Weismann's theories, W. Johannsen's and W. Bateson's conception of genes, and 'formal genetics', praising instead the work and ideas of Timirjazev and Mičurin, who were considered the pioneers of modern genetics as opposed to the 'mechano-Lamarckists', and stressing, as Vavilov had already done in 1939, the possible practical applications of genetics.

But the defeat of the Soviet geneticists was inevitable right from the start. Of considerable importance were the repercusssions of the historic 1948 session on the development of biological science and agriculture. Numerous extremely rapid government measures were taken, ranging from the dismissal of Lysenko's opponents from the universities to the closure of all the genetics laboratories. After the reform of all teaching syllabuses connected with biology, an attempt was made to strengthen Lysenko's neo-Lamarckian hypotheses by means of a series of publications and researches in all branches of the biological sciences aimed at proving the errors of classical genetics. The publication in the Soviet press of the work of O. B. Lepešinskaja and G. M. Boš'jan caused a great sensation in the West. For more than five years Lepešinskaja's « new cellular theory » was displayed in the *Great Soviet Encyclopaedia* as a universal law of biology. Rejecting « Virchow's dogma », the latter claimed that cells originated out of « living matter not in a cellular state »[15]. The naive vitalism and clumsy epigenism marking G. M. Boš'jan's work[16] in the field of microbiology (in which he claimed it was possible to form viruses by crystallising protides, for viruses to be reversibly transformed into bacteria and living cells and also resuscitated the old idea of spontaneous generation) were the first targets of the criticisms that from 1953 to 1955 were to lash the conceptions and methods of the agrobiological school.

In cytology the Lysenko school had concentrated its efforts in an endeavour to prove chromosomal non-continuity in cells and to criticize the chromosome theory of heredity. In this connection the most important work is that by P. V. Makarov[17], one of the

most typical of the Lysenkoist cytologists. By means of special techniques he set out to prove the absence of any constant structure in the nucleus. According to Makarov, chromosomes were created *ex novo* at the prophase through the combination of fine granules appearing in the nucleus. In the teleophase the chromosomes decomposed and their substance was dispersed in colloidal-size particles. Also with respect to chromosome form in mitotic and meiotic processes, Makarov and his school regarded the different degree of chromosome spiralization as proof of the absence of constant structure in the nucleus and of the non-existence of specific hereditary matter, and as the demonstration of the Lysenkoist postulate denying that any « hereditary matter independent of the organism itself » could exist in the organism[18].

'Mičurinism' received some favour also in the West, especially in France, through the association of the 'Friends of Mičurin', but also in Italy, especially in some agrarian institutes and among workers concerned with agricultural and plant physiology problems[19]. One of the supporters of 'Mičurinism' in the West was the French biologist Jacob Ségal whose merit was to have tried to gather into a synthetic neo-Lamarckist interpretation a vast and heterogeneous series of experimental results and biological phenomena such as bacterial metabolism and resistance to antibiotics (C. Hinshelwood), immunitary processes (M. I. Guyer and E. A. Smith, 1929, A. H. Sturtevant, 1944), matrocliny, cytoplasmic heredity, the durable modifications discovered by V. Jollos in the Paramecia (1921), psychic functions (especially in W. McDougall's work), the transformation of bacteria, transduction and contagious heredity, the discovery of nucleic acids in plastides and mitochondria, the 'killer' factor phenomenon in the Paramecia (T. M. Sonneborn)[20]. Even though most biologists and geneticists had long since interpreted these various phenomena as lying outside the neo-Lamarckian conceptions, during the 'fifties and 'sixties the Lysenko school regarded all this as confirmation of the validity of 'Mičurinism' in the various branches of biology and as displacing the « chromosomal theory of heredity ». It must be remembered, however, that Lysenko himself never personally studied these aspects of cellular biology; his interests and work remained limited to 'agrobiology'.

In particular, the first thing that strikes one on reading Lysenko's experiments as regards his agrobiological work is the basic lack of any correct scientific methodology. There are above all no checks or statistical proofs, nor are there any of the precautions normally taken to establish the genotypical purity of the material used, which is a *sine qua non* for the accurate interpretation of the experimental data. I shall not go into detail about Lysenko's individual experiments and reasoning but merely point out that the basic element shared by all these works aimed at demonstrating the hereditary nature of acquired characters is, once again, the unscientific pragmatic empiricism which hides, behind ideological references to the Marxist classics, an abysmal ignorance of the basic concepts of biology. On the other hand, it was actually the basic rejection of the neo-Darwinist concepts of mutation and selection, the negation of 'Mendelism' and 'classical genetics' that often led Soviet agrobiologists to consider, as proof of the hereditary nature of acquired characters, the mere selection of pre-existing varieties of or mutant individuals, and to give Lamarckian interpretations to the very phenomena of segregation and recombination of the Mendelian hereditary units. Also the so-called « chimaerae » or « graft hybrids » which, according to Lysenko, were a demonstration of the possibility of « shaking » hereditary nature (« vegetative hybridization ») were already known to geneticists. As is known, there is no real union and recombination of hereditary material inside each individual cell but only a symbiosis of the genetically different tissues of the two species.

But the fundamental, distinguishing aspect of Lysenko's theories is perhaps their vitalistic anthropocentric content. For example, the indiscriminate ideological struggle against the indeterminacy principle in physics, the outright rejection of statistics and the mathematical theory of probability made Soviet agrobioligists to overlook the definite statistical ratio, first discovered by Mendel, in which the recessive phenotype appears in 2nd generation hybrids. As a result, Lysenko, unable to understand the true significance of Mendel's laws, ended up (in any case in open contradiction with the announced intention of combating the « theories of chance ») by attributing to a random, generic « belch of nature »[21] the phenomenon of the segregation of 2nd generation hereditary factors. Another example of vitalism in Lysenko's thinking may be taken to be the rejection of intraspecific competition and by the « law of the species' life » or « self-thinning ». These theories of Lysenko probably caused a certain amount of comment also in the Soviet Union. In December 1952 a debate began in the *Botaniceskij zurnal* on intraspecific competition, Lysenko's theory of species formation by saltation and on Darwinism. Not only was the clumsiness of the Lysenkoist conceptions apparent, but also their negative effects on agricultural production.
In the years between 1953 and 1958, in a climate of 'destalinization', numerous Soviet scientists began to realise how backward Russian biological research was and the theoretical and practical limitations of neo-Lamarckism. However, Kruščëv's support of the Lysenko school delayed the revival of Russian genetics for a further few years.

It was only in 1964 that the famous process began of officially rehabilitating Western genetics, the work of G. Mendel and Th. H. Morgan and of those Russian geneticists and biologists who were harshly criticised and persecuted by the Lysenko school (S. S. Četverikov, N. I. Vavilov, N. K. Kol'cov, A. S. Serebrovskij, M. M. Zavadovskij, N. P. Dubinin, I. A. Rapoport and others). Without doubt, with the reform of the study programs and the suspension of biological teaching in schools for one year (1965-1966) to allow for teachers' refresher training and the preparation of new textbooks, 1965 saw the beginning in the Soviet Union of an irreversible process of emancipation of Russian culture and science form the 'Lysenkoist' heritage. The genetics and molecular biology papers published in Soviet scientific reviews in recent years are proof of the high level reached by research in these fields.

SOME CONSIDERATIONS ON THE RELATIONS BETWEEN BIOLOGY AND MARXISM - IV

In the Soviet Union the defeat of neo-Lamarckism and the reappraisal of genetics and molecular biology took place with a delay of several decades. Although W. L. Johannsen's experiments (1900-1903) on 'pure lines' of beans had already shown that in genetically homogeneous populations environment-induced variations are not inherited, and although the 'chromosome theory' of Morgan's school was based on a huge mass of experimental data disproving any neo-Lamarckian hypothesis, it was only in 1944 with the famous work by O. T. Avery, C. N. MacLeod and M. McCarty that a milestone was reached in the process of understanding the material basis of hereditary mechanisms. In the period 1944-52 biological inquiry had been concentrated on nucleic acid metabolism. Laboratory analysis had shown that it was not the proteins present in the chromosome that bore the genetic information (F. Engel's hypothesis, taken up by the Lysenkoists, but widely prevailing also among geneticists up to 1945) but, instead, their production was coded by the nucleic acids.

The model of the DNA chain structure and its mode of reproduction (suggested by J. D. Watson and F. H. Crick in 1953) finally made it possible to understand the

molecular basis of the theory of chromosome continuity, which had been long criticised by the Lysenko school. Further developments in molecular biology have now shown the erroneousness of the neo-Lamarckian theses at molecular biochemical level and confirmed the 'chromosome theory of heredity', completing and ultimately replacing the abstractions of 'formal genetics'[22].

With the revival of Soviet genetics, and the understanding of hereditary phenomena at molecular level, the 'Lysenko affair' might now be thought to be merely a marginal episode in the history of science, just an example of the distortion of science and Marxism during the Stalinist period. Lysenko and Stalin might seem to be 'awkward' figures to be 'exorcised' by Marxist thinking. It is my belief on the contrary, that critical reflection on the 'Lysenko affair' is a compulsory fundamental passage especially for present-day Marxist thinking. This unfortunate page in the history of science and the history of the workers' movement still raises pressing questions and problems to be solved concerning the relation between Marxism and the natural sciences, between ideology and science in general, quite apart from any historical interpretation of the integration between neo-Lamarckism and 'dia-mat'.

The need for confrontation on these subjects is also demonstrated by the resumption in recent years of an openly controversial debate on these subjects[23]. I shall not deal exhaustively with these problems on which the widely differing positions taken up are a guarantee of vitality, but merely make a few brief considerations arising out of a survey of the 'Lysenko affair'.

Throughout the attack by Lysenko and I. I. Prezent on classical genetics, continual reference was made to Marxist classics, in particular, to *Antidühring* and *Dialectics of nature* by F. Engels, and *Materialism and empiriocriticism* and *Philosophic notebooks* by V. I. Lenin. An attempt was made to find confirmation for Lysenko's theories in certain sections of Engels extrapolated from *Dialectics of nature.*

Probably in 1876, in the manuscript of *Role of work in the process of transformation of monkey in man*, Engels appeared to affirm the hereditary nature of characters acquired through the environment and the use of certain organs.[24] However, it is also true that this opinion of Engels was a widely accepted hypothesis in those years. Even Darwin, although admitting his complete ignorance as regards the causes of variation and the laws of heredity, had formulated his theory of the «pangenesis of the gemmule» (which was deeply imbibed with Lamarckian ideas) as it seemed to make his evolutionary theory more readily explainable.

Also Plehanov in *The Fundamental Questions of Marxism*, accepted the hereditary nature of acquired characters as it corresponded more closely to a 'dialectical' conception of biology (which was, according to Plehanov, confirmed by Hugo de Vries' 'dialectical' theory of saltatory mutation). Plehanov's Lamarckism and that of many Marxist Russian materialists before him, stems from the socio-biological illusion of being able to extrapolate observations and reflections on society by using them analogically in the sphere of natural phenomena and *vice versa*. Marx's statement that «it is not conscience which determines the social being, but the social being who determines conscience», the starting point for the criticism of capitalist society, was used arbitrarily in all fields, especially in biology, as the assertion of the exclusive importance of the environment.

Overestimation of the environment and the conviction of the hereditary nature of acquired characters were explicitly present also in Stalin's thinking as can be seen by something he wrote in 1907[25]. This overestimation seemed to have the function, ideologically speaking, not only of re-af-

firming faith in the rapid transformability of plant varieties and the improvement of agricultural and animal production, but also to combat the danger of a rigidly deterministic interpretation of the concept of human hereditariness, which would perhaps undermine the communist principles of freedom and equality[26]. There is equal socio-biological confusion in Lysenko's naïve vitalistic statement on the absence of intraspecific competition. The planting of clumps of oaks and other plant species led to disastrous practical results. Nevertheless, by superimposing a social and ideological concept on the laws of nature in an attempt to criticise social Darwinism (which reduced sociological phenomena to the biologico-natural sphere), Lysenko claimed that a supposed socialist morality could be found in the natural phenomena themselves. All this was basically symptomatic of a backward and obscurantist ideology, the rigid expression of a 'weak Marxism' that was the reflection of the economic underdevelopment and the enormous historical difficulties encountered in the endeavour to find a national 'accelerated' way to Socialism. In this historical perspective, it is possible to understand and evaluate also the peculiar meaning of 'dia-mat' and its combination with Lysenko's neo-Lamarckism.

Dialectical materialism became the key for the interpretation of natural phenomena. Even the formulation of the theory of saltatory speciation, as the product of qualitative modifications suddenly emerging as the result of the accumulation of contradictory quantitative elements inside the individual organism, made use of the basic Hegelian-Engelsian concept of the dialectics of a change in quality due to the summation of quantitative changes.

The dialectical materialism of the Stalinist period, having become a *Weltanschauung*, an ontology and general conception of the world, usually turned out of preference to the authority of Engels' *Dialectics of nature* for its legitimation. In the case of the thinking of Marx' great collaborator, in whose work some Marxist scholars have detected the origin of the deformation of Marxism brought about by the dialectical materialism of the Stalinist period, it is possibile to interpret his writings from various standpoints and using different criteria. In any case, it seems to me (even though quotation experts could extrapolate phrases implying a different interpretation) that it would not be contradictory to the underlying sense of the writings of Engels, i.e. of this thinker and organiser of the workers' movement who was the first (and the most outspoken) to dare give an opinion on a series of subjects without any direct bearing on the socio-economic sphere, to affirm that his works contain mainly a conception of dialectical materialism as an epistemological method rather than as an abstract theorization on the way of being of matter, as a general conception of the universe, which comprises and controls from above all the positive sciences. In actual fact, the subordination of science to dialectical materialist philosophy and 'dia-mat' scholasticism finds no echo in Engels' work. Besides, as I have tried to show, even 'Stalinist subjectivism' and the vitalistic and anthropocentric contents of Lysenko's 'agrobiology' are mainly symptoms of a hasty and erroneous interpretation of Marx' and Engels' thinking on the man-nature relationship and the expression of the peculiar historical situation in which the Soviet Government was compelled to operate. However, even though Engels was particularly aware of the need to build a materialism that was not merely economico-social but embraced also the natural sciences, most of later Marxist thinking displays its incapacity to reach a materialistic conception of nature and, very often, the emergence of tendentially anthropocentric conceptions[27]. All this is a phenomenon that can be found not only as I have already indicated, in the 'dialectical materialism' of Stalin and Lysenko (in spite of the fetishistic panegyric of 'socialist' science and technology but also, although in different

forms, in a number of authors of so-called 'Western Marxism'[28] who, although criticising the 'dia-mat' (sometimes schematically and superficially[29] and accusing it of scientism and palaeopositivism, in their examination of what are basically historical and human problems, make a drastic distinction between human history and natural history, thereby underestimating the cognitive value of science.
On the other hand, a number of Marxist scholars, in the belief that « Russian 'dialectical materialism' is not a spontaneous product but developed on the basis of Engels' 'dialectics of nature' »[30], regard Engels' work as the theoretical and philosophic origin of 'dia-mat'.

This conception, one of the main supporters of which is L. Colletti, radically sets off Marx's ideas against those of Engels. In spite of the accuracy of L. Colletti's criticism of the Hegelism implicit in a few passages of Engels and the validity of his polemical attitude to the idealistic reaction of a few Marxist philosophers of the Frankfurt school (H. Marcuse, M. Horkheimer, Th. W. Adorno, M. Heidegger) against science, I should say that this approach, calling, as it does, for a contrast in principle between Marx's historical materialism and Engels' dialectical materialism, runs the risk of overemphasizing the historical, sociological and economic content of Marxism and actually leads to an underestimation of the importance of a materialistic interpretation of nature[31].

As a result of the development of natural sciences, the need is felt more than ever for a consistently materialistic interpretation of nature and for a link between it and 'historical materialism' and with the ideals of emancipation and of freedom of Marxist thought. With respect to the vast and complex problems connected with redefining the relationship betweent dialectical materialism and the natural sciences I shall, in the last part of this article, restrict myself to considering and critically evaluating the ideas of two scholars who both, although, I should like to stress, in very different ways, started off from 'dialectical materialistic philosophy', i.e. W. Hollitscher, the Austrian philospher and epistemologist, a student also of biological problems, and N. P. Dubinin, now perhaps the most distinguished Russian geneticist, persecuted at lenght by the Lysenko school and an active participant in the revival of Soviet genetics.
In the case of Hollitscher, the following considerations emerge from a reading of the book *Die Natur in Weltbild der Wissenschaft*[32]. The work of the Austrian scholar must be openly discussed and criticised, not of course for the sake of idle controversy, but because it is the expression of a still backward interpretation of modern science and is symptomatic of a basically acritical and doctrinaire dialectical materialism in profound contrast with the spirit of Marxism which, after definitively breaking away from Hegel's systematic and idealistic philosophy, had discovered, the historicity of social processes and affirmed the relative and incomplete nature of all scientific knowledge[33].

In actual fact, Hollitscher's work is, to a certain extent, rather more up to date than the writings of A. A. Ždanov and the worst supporters of traditional 'dia-mat'. Nevertheless, in spite of the author's encyclopaedic erudition, it presents a conception of dialectical materialism as the only '*Weltanschauung*', as the universal theory of the « general laws of movement and nature », as the only instrument for « mirroring » and penetrating the « essence » of reality. Hollitscher's work, which lacks any reflection on the Stalinist period and thus any of the indispensable tools for a critical reappraisal of dialectical materialism and its relations with the natural sciences, is seen to be backward also as far as the very interpretation of the contents of modern science are concerned.

In the case of biology, it is surprising to observe the presence among the ideas of

the Austrian scholar of a basically neo-Lamarckian conception, an exaggerated anthropocentrism (which pervades the whole work), an overall misunderstanding of Darwinism, genetics and molecular biology. Just as the Lysenko school in the period 1950-1960 endeavoured to interpret all results in the fields of biology, reflexology and physiology as confirming the validity of its own theses, so Hollitscher attempts to set the most widely differing experiments in genetics, molecular biology and psychology in a Lamarckian ideological framework. Besides, the acritical representation and explicit acceptation of the work and theories of Lysenko, P. V. Makarov, K. F. Kušner, J. Ségal and other members of the Soviet agrobiological school are sufficient proof of the truth of these statements. Also the thesis of a supposed incompatibility between Mendelism and Darwin's evolutionary theory (a thesis now cherished only by a few idealist philosophers and biologists) again reveals the backwardness of Hollitscher's biological thinking.

The two basic components of the thinking of a few neo-Lamarckists, i.e. the environmentalistic component (overestimation of the function of the external elements) and the anthropocentric one (overestimation of the gap between man and the animals, conception of evolution understood as a process purposefully orientated towards solutions increasingly better suited to the external environment and towards perfection) are virtually constantly present in Hollitscher's work. This thinking even pervades the presentation of the problems of ontogenesis, anthropogeny, the process of humanization and of the formation and development of consciousness, reflexology, psychology, the physiology of the nervous system, cybernetics, language theory, investigation of the origins of life, and so on.

Of the recent work done in the USSR on the relationship between biology and dialectical materialism I shall consider, as I mentioned earlier, only a few articles by N. P. Dubinin[34]. There is no doubt that the writings of the Russian geneticist reveal the great effort he has made to leave the '*ghetto*' of the laboratory and to overcome the traditional lack of permeability and generalisation between the various specialist branches together with the attempt to tackle the problem of the relationship between research and social issues by a fair criticism of the reactionary interpretation of genetics. Here the opposition to bourgeois ideology in biology is not based, as was the wont of the Lysenko school, on the rejection of the contents of science themselves or on their falsification but on a critical examination of scientific results, of their use and of anti-progressist ideological exploitation. Nevertheless, once the positive aspects contained in the articles of the Russian geneticist have been pointed out and after having stressed his thorough biological training, which distinguishes him clearly from Hollitscher's arguments, let us now have a look at a few of the doubtful aspects and the limitations of his thinking.

Dubinin's main aim was to achieve a 'reconciliation' between genetics and dialectical materialism, to set modern biology in a general philosophic conception of man and society. The 'Lysenko affair' was considered superficially as the necessary corollary of the interference of Marxist-Leninist philosophy in scientific problems. Dubinin, on the contrary, challenges the legitimacy of references to Lenin's thought by the Lysenko school, defined by him as a « reactionary current... erroneous scientific theory, hiding behind the phrases of dialectical materialism »[35]. Instead of Lysenko's 'so-called' dialectical materialism, which rejected genetics *en bloc*, Dubinin proposed an evolving dialectical materialism with a non-hierarchic relationship with science that, on the contrary, received confirmation and contributions from the progress of scientific research.

Dubinin's thesis consisted essentially in the assertion that the gradual development of

genetics is nothing but the history of the continual approach to the principles of Leninism and also their confirmation. These general principles, to which Dubinin refers with numerous quotations consist: *a*) of the assertion of the presence of laws of the dialectics in nature (copresence of opposites, or of contradictory aspects in biological phenomena, the appearance of qualitative changes due to the summation of quantitative changes...); *b*) of acknowledging the dialectical nature of the cognitive process; *c*) of the awareness of the non-exhaustiveness of human knowledge (and therefore of modern genetics in particular). Rather than discuss the legitimacy of this reconstruction of Lenin's thought or evaluate the validity and the usefulness of these principles (the last two, i.e. *b* and *c*) can in any case easily be shared) I think it is more interesting to observe that Dubinin's attempt to find a confirmation of genetics in Leninism and *vice versa* of Leninism in genetics was an operation that turned out to be strained as well as useless.

According to the Russian geneticist, the history of the way the theories on hereditary phenomena and mutations followed one another proves his point[36]. Modern genetics, for instance, would call for a synthesis between opposite aspects of reality, between the principle of gene divisibility and the principle whereby the gene is considered as an « individual biological system », thus achieving dialectical union between continuity and discontinuity in the hereditary structure.

In general I think that to say that the modern gene theory is dialectical materialistic (Dubinin) as it attests the presence of the laws of dialectics in biological phenomena or, on the contrary, to claim that it is « absolutely irreconcilable with dialectical principles », and thus « an idealist theory as it is based on a postulate of invariance » (J. Monod)[37] is equally sterile and, in spite of the difference in the philosophic arguments used, is basically without concrete meaning.

According to Dubinin, even in the case of mutagenesis phenomena, the development of research has demonstrated the validity of Lenin's dialectical materialist method for the synthesis of opposites, the dialectical unity between internal and external factors. According to the recent 'mis-repair' theory (supported by Dubinin himself in the first person) mutations are not simply the effect of the direct action of mutagens but the result of repair processes involving factors inside the cells (enzymes) and which take place after DNA damage has been caused by external factors. Dubinin's opinion is that the discovery of enzyme activity in repair and mutation processes, to which he as a scientist has contributed, has demonstrated the function of external and internal elements in mutation phenomena, and has thus shown the validity of the « nucleus of dialectics as Lenin defined it, i.e. the unity of the struggle between opposites as a general law of reality and of its knowledge by human thought »[38].

Despite the numerous positive elements breaking with traditional 'dia-mat' and the correctness of the scientific reasoning[39] it still seems to be useful to point out the residual old-fashioned scholasticism which represents the limits of the thinking of this great Russian geneticist. This again raises the problem of the interpretation of those parts of Engels' work that tend more than others towards a new 'philosophy of nature'. Unlike Stalin's 'dia-mat' with its 'excommunication' of « bourgeois science », Dubinin's dialectical materialism, after science (in this case, genetics) has been recognised as being free and valid, takes over the former's contents and methods and 'translates' it into the philosophic language of a new 'dialectical materialist *Weltanschauung*'. According to the Russian geneticist the history of science, and that of genetics in particular, seems to be the gradual implementation of 'dialectical materialist ideas', i.e. the starting point for a general conception of the world explaining all material phenomena be means of the laws of dialectics and is,

in turn, confirmed, by the outright dialectical nature of the individual scientific disciplines (in particular modern genetics)[40]. Also in his description of biological evolution and the process of homination, Dubinin applies the laws of dialectics. The 'saltation theory' in the evolution of life on earth emerges also from Dubinin's conception of the relationship between genetic hereditariness and social hereditariness, between biological evolution and socio-cultural evolution.

Underlying the writings of the Russian geneticist is the intention to show up clearly the gap between man (in whom genetic hereditariness has not evolved and is not evolving, while socio-cultural hereditariness, which is not recorded in the genes, has taken on an essential role in human evolution) and the rest of the living world (subject to natural selection which determines its biological evolution). As far as man is concerned, Dubinin claims that the increasing importance of environmental factors and the 'social programme' has relegated genetic hereditariness and natural selection to a quite secondary role. The following are quotations from Dubinin in support of this partial reconstruction of his ideas:

« The slow progress of human genetic evolution has been virtually replaced by the rapid evolutionary processes of man's spiritual world and the surrounding environment. It follows that, ever since its appearance mankind had no further need of the phenomenon of genetic hereditariness. The entire history of mankind confirms this conclusion... The present techno-scientific and social revolution is bringing about staggering changes in man's spiritual tissue and yet it will not cause any genetic evolution »[41] ... « Ever since his appearance on the historical scene of life in the universe, reasoning man, homo sapiens, has not changed physically, i.e. genetically »[42]... « There is no doubt that in man, who has ceased to adapt to his environment and now changes the latter, thus eluding natural selection, the entire genetic programme characterizing the species of homo sapiens is exceptionally stable and could persist for an incalculable period in the future existence of mankind »[43].

The fact that Dubinin stresses man's emancipation from the action of natural selection leads to the risk of adopting an 'over-optimistic' outlook on the world which is thus tendentially anthropocentric. Natural selection must not, of course, be interpreted only in the 'classical' sense of a bloody fight for existence, of competition and survival of the fittest but rather in the present-day sense of 'Darwinian fitness' or 'adaptive value' or 'selective index', i.e. from the standpoint of the different reproductive fitness. The fall-off in the selective pressure in the case of various characters is a definite fact; socio-cultural evolution has provided man with countless defensive weapons against the action of natural selection. However, changes in the environment itself as a direct effect of human activity has given rise to different selective pressures for various characters. Examples of this could be the different selective pressure exerted on the gene by falciform anaemia, or by thalassemia in a malarial or non-malarial environment. It may be claimed, as Th. Dobzhansky does, that « certain genes, which were favourable and tolerated in 'natural' environments for our ancestors, are harmful in present-day environments »[44]. The environmental modifications produced by man as a result of the development of his productive forces and technological progress (atmospheric pollution, radioactive contamination, modification of the life rhythm, diet, changes in customs, adulteration of foodstuffs and drugs, etc.) have probably brought about a very slow, but gradual, change in the human genome and a different capacity for adaptation to the historical nature in which we live. Even though medicine, social security, and socio-cultural evolution in general have certainly reduced the negative effects of natural selection, « selection — which,

as Dobzhansky claims, is still active — is as 'natural' today as it was a hundred thousand years ago »[45].

The idea of man's biological evolution having ceased, as Dubinin seems to be asserting, is thus highly criticisable. Socio-cultural evolution interacts with biological evolution, which is obviously much slower than the former. It has been said, not altogether correctly, that a kind of feed-back is set up between the two: the pressures exerted by natural selection are modified by the changes occurring in culture and history. Moreover, these changes determine new selective pressures and produce, albeit over very long periods of time, a human biological evolution that then affects (although only very slightly compared with social hereditariness which acts in a 'Lamarckian' way as it is not recorded in the genes) the behaviour of man with respect to this environment.

On the whole, Dubinin's just criticism of 'reactionary biologism' and reductionism is in danger of degenerating into too overoptimistic a view. The need to demonstrate the qualitative gap between animal and man leads the Russian geneticist to emphasize the elements of difference between them and to neglect those of obvious continuity. Furthermore, the limits of Dubinin's thinking are the reflection of the real difficulties involved in the attempt to set modern biological progress in an 'ideological', political, and social context. In the USSR, after the rehabilitation of genetics, the field in which there is still perhaps some dealy is that of human genetics. The fears and reservations afflicting Marxist thought in its approach to the problems of human hereditariness, of the relationship between genotype and the environment, between animals and man, although easy to understand in a capitalistic historical context, have often led to an underestimation of the natural and biological element, which is symptomatic of a weakness at ideological level in the struggle to attain a classless society[46]. On the other hand, traditional Catholic and idealist culture has, in a number of Western countries, favoured a humanistic education characterized by a Crocian 'contempt' for science.

As far as the biological sciences are concerned, in spite of the persistence of obstinately anti-Darwinist and anthropocentric positions, the discovery of the universality of the genetic code and the developments in genetics and molecular biology now make it possible to approach the problem of evolution with an uninterrupted historical connection[47]. The study of molecular evolution by the analysis of amino acid series in proteins and the investigation of nucleotide series in DNA and RNA, have opened up new horizons in the quantitative evaluation of the distance, phylogenetically speaking, between different species and in a clearer understanding of evolutionary variations. Like the bacteria, also man translates the genetic message recorded in his genes by means of the same basic mechanism. This does not warrant, of course, any vulgar comparisons between bacteria and man. In the study of biological systems it is necessary to recognise the unitary nature of the metabolic processes characterizing both the bacteria cell and the eukaryotic one. At the same time, however, it is necessary to grasp the specificity of the mechanisms controlling genetic information and the functional significance of the 'apparition' of new levels of organisation in the cell nucleus and cytoplasm of the higher organisms. As far as the relations between biology and the other sciences are concerned, our knowledge of the disappearance of different 'integrons', of qualitatively different phenomena, whose investigation calls for specific concepts and methodologies, must not entail an underestimation of the elements of continuity and interaction between physico-chemical, biological and historico-social levels. This underestimation could lead to the danger of losing touch with a materialistic conception of natural and social phenomena.

Even through meditation on the 'Lysenko affair', on the historic union between neo-Lamarckism and Stalin's dialectical materialism, modern thinking may well be called upon to judge these issues, particularly the relationship between Marxism and the natural sciences, not by means of the facile ritual of quoting the classics, but by a critical scientific analysis accompanied by a continuous, responsible social commitment.

F. B.

Translation: I. McGILVRAY - ROMA

ACKNOWLEDGMENTS

By courtesy of Prof. Silvano Tagliagambe and the publishers Casa Editrice Feltrinelli to whom I wish to express my thanks, I have been able to consult Prof. Tagliagambe's Italian translation of the addresses by N. I. Vavilov and T. D. Lysenko at the Conference on genetics and selection organised by the review 'Pod znamenem marksizma' in 1939 and published the same year in the second number of the periodical.

BIBLIOGRAPHY AND NOTES

1 C. D. DARLINGTON, *Life Workshops.* A similar hasty equation can be found also in J. MONOD's essay, *Le hazard et la nécessité.*

2 Of interest because of the valuable historical documentation they contain are the works by D. JORAVSKY, *Soviet Marxism and natural science*, Columbia University Press, New York, 1971, and *The Lysenko Affair*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1970. Also worth mentioning is the book by the Russian biologist Z. A. MEDVEDEV, *The Rise and Fall of T. D. Lysenko*, Columbia Univ. Press, London, 1969, with its wealth of interesting information on the various phases of the campaign carried out by Lysenko against classical genetics. It lacks, however, an historical interpretation that goes beyond general statements regarding the totalitarian nature of Stalinism, which was the determining factor in the rigid administrative centralisation of science. This superficial judgment also leads the author naively to mythicize the freedom of research in the capitalist countries.

3 The work by DOMINIQUE LECOURT, *Lysenko, Histoire réelle d'une science prolétarienne*, provides a number of interesting ideas and intuitions concerning the links between Lysenko's success and the political and ideological choices of the Stalinist period, although it lacks a satisfactory reconstruction of the historical and cultural background of the origin and triumph of the Soviet agrobiological school. Remarkable for the lucid rigour of the historical reconstruction are the very recent contributions made by S. TAGLIAGAMBE which trace back the basic steps in the political, philosophic and ideological debate both before and after the October Revolution, which are essential premises for an understanding of the union between 'Lysenkoism' and Stalinism (cf. S. TAGLIAGAMBE, *I rapporti tra scienza e filosofia in Unione Sovietica*, VII vol. of *Storia del pensiero filosofico e scientifico* di L. GEYMONAT, 1976; cfr. the introduction by TAGLIAGAMBE to the new Italian edition of J. HUXLEY's book, *La genetica sovietica e la scienza*, Longanesi, Milano 1977).

4 S. TAGLIAGAMBE, Introduction to *La genetica sovietica e la scienza* by J. HUXLEY, Longanesi, Milano, 1977, pp. LII-LIII.

5 S. TAGLIAGAMBE, *op. cit.*, p. LX.

6 Cf. for instance, N. G. ČERNYŠEVSKIJ, *Le razze*, translated and presented by M. ACANFORA in Rassegna Sovietica, n. 2, 1976.

7 C. B. DAVENPORT, *Heredity in relation to Eugenics*, Holt, New York, 1911.

8 H. J. MULLER, *Proceedings of the 3rd International Congress of human genetics*, John Hopkins Univ. Press, Baltimore, 1920, quoted in: N. P. DUBININ, *Genetika i buduscee celoveka.*

9 « This situation, writes D. LECOURT, ... was the result of a certain political line that, have raised the peasant question in solely 'technical' terms, had the effect of creating a new kind of social differentiation in the country between the 'simple' Kolkhozniks and the technical cadres, whose ideology crystallized round the two slogans issued successively by Stalin: « technology decides everything » and « the cadres decide everything ». The agricultural form of this ideology was 'Lysenkoism' » (D. LECOURT, *op. cit.*). Later, after World War II, vernalisation was no longer recommended even by Lysenko; the considerable work involved, the expense of technical equipment and the difficulty of avoid premature seed germination were not offset by the tiny increase in the harvest.

10 D. LECOURT, *op. cit.*

11 This naivety provided Lysenko with his main arguments in his attack on genetics: « The acceptance of the ratio $(3 : 1)^n$ and of a single degree and measure of diversification for all hybrid descendants from one or the other combination leads to a complete indifference to the conditions in which the first generation of hybrids was raised or cultivated... as K. A. Timirjazev has already had occasion to point out, ridiculing the Mendelists: three with father's characters, one with mother's, or three with mother's characters and one with father's » (T. D. LYSENKO, Address to the Conference on genetics and selection organised by the review *Pod znamenem marksizma* and published in n. 2, 1939, of the periodical).

12 N. I. VAVILOV, *Lavori della Conferenza pansovietica per la pianificazione delle ricerche di genetica e selezione*, Leningrad, 25-29 June 1932, USSR Sc. Acc. Leningrad, 1933, quoted by Lysenko in his 1939 address to the Conference on genetics and selection mentioned in the previous note.

13 T. D. LYSENKO, *The situation in biological science*, Address delivered at the Session of the Lenin Academy of Agricultural Sciences of the USSR, July 31, 1948, Foreign Languages Publishing House, Moscow, 1951.

14 *Ibidem.*

15 Cf. O. B. LEPEŠINSKAJA, *Les processus vitaux dans la période précellulaire*, Questions Scientifiques, II: Biologie, 1953.

16 Cf. G. M. BOŠ'JAN, *Nuovi orientamenti della scienza sovietica nella vita*, Rassegna Sovietica, n. 1, 1953.

17 Cf. P. V. MAKAROV, *Critiques des bases cytologiques de la théorie chromosomique de l'hérédité*, Questions Scientifiques, II: Biologie, 1953.

18 T. D. LYSENKO, *op. cit.*

19 After 1948 the 'Associazione italiana per i rapporti culturali con l'URSS' edited the periodical publication of the bulletin *Studi di Agrobiologia* containing, in Italian translation, the most important Soviet works on agrobiology. On the other hand, there was some harsh criticism of Lysenko's agrobiology in the West; even among Communist biologists there were reactions and dissent over 'Micurinism'; J. B. S. HALDANE and H. DALE resigned from their Parties in protest and other biologists (e.g. M. PRÉNANT and M. ALOISI) publicly expressed their criticism. Cf., in particular, M. ALOISI, *La situazione delle scienze biologiche*, Società, anno X, n. 6, dic. 1954.

20 J. SÉGAL, *Micurin, Lysenko e il problema dell'eredità*, Universale Economica, Milano, 1952.

21 T. D. LYSENKO, quoted by J. HUXLEY in *Sovietic Genetics and World Science*.

22 Also C. H. WADDINGTON's interesting hypothesis of « genetic assimilation » (cf. C. H. WADDINGTON, *Genetic Assimilation*, Adv. Genet., 12, pp. 257-293, 1961) « offers an interpretation of a few apparently neo-Lamarckian phenomena within the framework of the selectionistic conception that has been experimentally demonstrated by modern genetics ». (G. MONTALENTI, *Introduzione alla genetica*, UTET, Torino, 1971, p. 103). Besides, even recent developments in molecular biology (in particular advances concerning the transcription and translation of genes in the bacteria cell and in the eukaryotes) and recent progress in the field of virus biology (especially the discovery by H. M. TEMIN and D. BALTIMORE of RNA-dependent DNA polymerase - or inverse transcriptase - in the oncornavirus) provide no support for the Lamarckian conceptions at molecular level (Cf., for instance, F. CRICK, *Central dogma of Molecular Biology*, Nature, 227, pp. 561-563, 1970).

23 Some of the more interesting recent contributions are: E. BELLONE, L. GEYMONAT, G. GIORELLO, S. TAGLIAGAMBE, *Attualità del materialismo dialettico*, Editori Riuniti, Roma, 1974. L. COLLETTI, *Intervista politico-filosofica*, Laterza, Bari, 1975. L. ALTHUSSER, *Philosophie et philosophie des savants*; see also the preface by L. ALTHUSSER to the work already quoted by D. LECOURT, as well as the preface by M. ALOISI to the Italian edition of the same book. G. CICCOTTI, M. CINI, M. DE MARIA, G. JONA-LASINIO, *L'ape e l'architetto*, Feltrinelli, Milano, 1976; also noteworthy is the controversy following the publication of this book, especially over the relationship between ideology and science, partly reprinted in the weekly *L'Espresso*. A. BARACCA, A. ROSSI, *Marxismo e scienze naturali*, De Donato, Bari, 1976. Lastly, numerous interesting contributions have been published in recent years by *Scientia*.

24 F. ENGELS, *Dialectics of nature*. It must also be pointed out that *Dialectics of nature* was published in 1925 in the USSR from a collection of manuscripts that Engels himself considered to be largely incomplete.

25 I. V. STALIN, *Anarchia e socialismo*, in *Opere complete*, Edizione l'Unità, Roma, 1950, Vol. I, p. 334.

26 However, overemphasis of the decisive function of the environment, i.e. the hereditariness of acquired characters, could also have taken on a profoundly different ideological meaning from the one assigned to it by the Soviet Lamarckists. The Marxist biologist J. B. S. HALDANE wrote in 1939, in this connection, in his book *Science and everyday life*: « Reactionary biologists like Prof. MacBride, who claims that the unemployed ought to be sterilized, naturally employ the theory of the transmission of acquired characters for political purposes. It is foolish, they say, to imagine that the children of manual workers can study or that the children of long-oppressed races can govern themselves ». (Quoted by J. HUXLEY in *Sovietic Genetics and World Science*).

27 In this connection, it is necessary to see the interesting criticism of Sebastiano Timpanaro of the stubbornly anthropocentric tendencies of Marxist thought in which lies the danger of relapsing into an abstract historicistic sociologism lying outside of any materialistic conception of history and nature. (Cf. S. TIMPANARO, *Sul materialismo*, Nistri Lischi, Pisa, 1975, 2nd ed.).

28 It must be pointed out, however, that the generic definition of « Western Marxism » includes heterogeneous tendencies ranging from the Frankfurt school to the « Austro-Marxists », from the ideas of G. LUKÁCS to those of A. PANNEKOEK and K. KORSCH. Nevertheless, the lowest common denominator, somehow linking these authors and paradoxically giving them something in common with the exponents of Stalinist 'dia-mat', consists of a considerable underestimation of the importance of a materialistic interpretation of nature. In this connection S. TAGLIAGAMBE writes: « Marxism thus seems to be condemned to oscillate dangerously between a conception of the world that, having paid its formal dues to science, has set off along its own road without paying the necessary attention to the indications provided by scientific research, and a philosophic conception tending to exasperate and radicalize the contrast between historical science and the science of nature, to the complete advantage of the former ». (S. TAGLIAGAMBE, *I presupposti materialistici del marxismo* in *Attualità del materialismo dialettico*, Editori Riuniti, Roma, 1974, p. 125).

29 Cf. H. MARCUSE, *Soviet Marxism*, New York, 1958.

30 Preface by L. COLLETTI to *Il concetto di natura in Marx* by ALFRED SCHMIDT, Laterza, Bari, 1973.

31 Furthermore L. COLLETTI's thesis of Marx's total estrangement and opposition to Engel's thinking definitely seems indefessible, as L. LOMBARDO RADICE points out with a wealth of detail in his preface to *La dialettica della natura*, Editori Riuniti, Roma, 1971. COLLETTI himself has recently rectified this thesis: « My opinion on the relationship between Marx and Engels is now less rigid and more nuanced ... it is inadmissible to confer a holy aura to any thinker, including Marx. Today I categorically reject this kind of attitude although I must admit to perhaps having encouraged it in the past ». (L. COLLETTI, *Intervista politico-filosofica*, Laterza, Bari, 1975, pp. 25-26).

32 W. HOLLITSCHER, *Die Natur in Weltbild der Wissenschaft*.

33 Mention must be made of the excellent critical introduction by L. LOMBARDO RADICE in the appendix to the Italian ed. of HOLLISCHER's book, *L'immagine scientifica della natura* (Edizione La Pietra, Milano, 1972); from it there emerges a clearheaded methodological approach in the Marxist analysis of the 'paradox of dogmatic Marxism' as well as the basic opposition to the Austrian scholar's conception of dialectical materialism and science.

34 DUBININ's writings to which I am referring are: *Genetika i buduscee celoveka*; *Biologia e società*, Rassegna Sovietica, n. 2, 1973; *Problemi di genetica e sviluppo della filosofia marxista*, Genetika, n. 4, 1970; *La grande rivoluzione socialista di ottobre e il progresso della genetica in URSS*, Genetika, n. 10, 1967.

35 N. P. DUBININ, *Problemi di genetica e sviluppo della filosofia marxista*, Genetika, n. 4, 1970, p. 25.

36 Cf. N. P. DUBININ, *art. cit.* in note 35.

37 J. MONOD, *op. cit.* This thesis had been maintained for quite different reasons by Lysenko himself.

38 N. P. DUBININ, *art. cit.* in note 35, p. 30.

39 See also the valid genetics text by N. P. DUBININ, *Obscaia genetika.*

40 The danger of falling into abstract generalisations superimposed on the contents of science can be seen in certain workers ostensibly basing themselves on 'dialectical materialism'. D. LECOURT writes: « There is a wealth of works by 'Marxist' philosophers who contrive to discover *a posteriori* in the various sciences 'applications' of dialectical materialism that, in this case, in the relationship of posteriority and exteriority that they have with their 'object' have the peculiarity of not inducing any change in it ». (D. LECOURT, *op. cit.*).

41 N. P. DUBININ, *Genetika i buduscee celoveka.*

42 N. P. DUBININ, *op. cit.*, in note n. 41.

43 N. P. DUBININ, *Società e biologia*, Rassegna Sovietica, 1973, n. 2, p. 56.

44 TH. DOBZHANSKY, *Mankind evolving. The evolution of the human species*, Yale Univ. Press, New Haven and London, 1962.

45 *Ibidem.*

46 In this connection S. TIMPANARO writes: « And yet this one-sidedness eventually ends up by being an element of weakness in the very dispute with the class adversary, who will take advantage of the distortion implicit in this reduction of all the biological to the social in order to relaunch scientistico-reactionary or even irrationalistic ideologies ». (S. TIMPANARO, *op. cit.* in note n. 27, preface to the 2nd edition, p. XXVI).

47 The anthropocentric conceptions and the idea of man's predestined role in the universe are fundamental corollaries of idealism and spiritualism of Catholic tendency whose purpose was to maintain a capitalistic social order: « The decline of the traditional anthropocentric conception - writes G. MONTALENTI - inevitably leads to the collapse of a social and economic structure based on divine right which ultimately decides who are to be the masters and the subjects, the rich and the poor (and, in order to keep them happy, they are promised easier entry to the kingdom of heaven), the healthy and the ill, the victorious and the defeated, the whites blacks and yellows, and all the other differences that are to be found or are created between human beings ». (G. MONTALENTI, *La rinascita del darwinismo*, De Homine, 53-66, Sansoni Ed., Roma, 1975, p. 7).

Progetto di ricerca per una rete tra i centri di Calcolo di Istituzioni Universitarie e Scientifiche in Italia

Nel 1974 fu formalmente definito un progetto di ricerca, denominato REEL (Rete di Elaboratori), tra il Centro Scientifico della IBM Italia in Pisa, il Centro di Calcolo dell'Università di Padova e il CNUCE di Pisa. Successivamente si associarono il CSATA di Bari, l'Università di Torino, il CNEN di Bologna.

Oggetto del progetto era lo studio di una rete di comunicazione tra gli elaboratori delle varie Istituzioni, in modo che su di essi potessero venire ripartite le loro risorse di calcolo, quali programmi di applicazioni, insiemi di dati, sottosistemi di programmazione.

L'obiettivo della ripartizione delle risorse di calcolo è stato ottenuto senza interferire nella normale attività dei singoli Centri di Calcolo e richiedendo un adattamento minimo di nuovo hardware e software.

Da un punto di vista informatico, le principali caratteristiche del progetto REEL sono le seguenti:

Il controllo del funzionamento della rete è distribuito su ogni elaboratore, perciò non vi è un elaboratore che svolge un ruolo principale di comando, come può avvenire in una gerarchia di elaboratori di uno stesso ente. Nel progetto, riguardante enti diversi, gli elaboratori della rete sono perciò funzionalmente equivalenti.

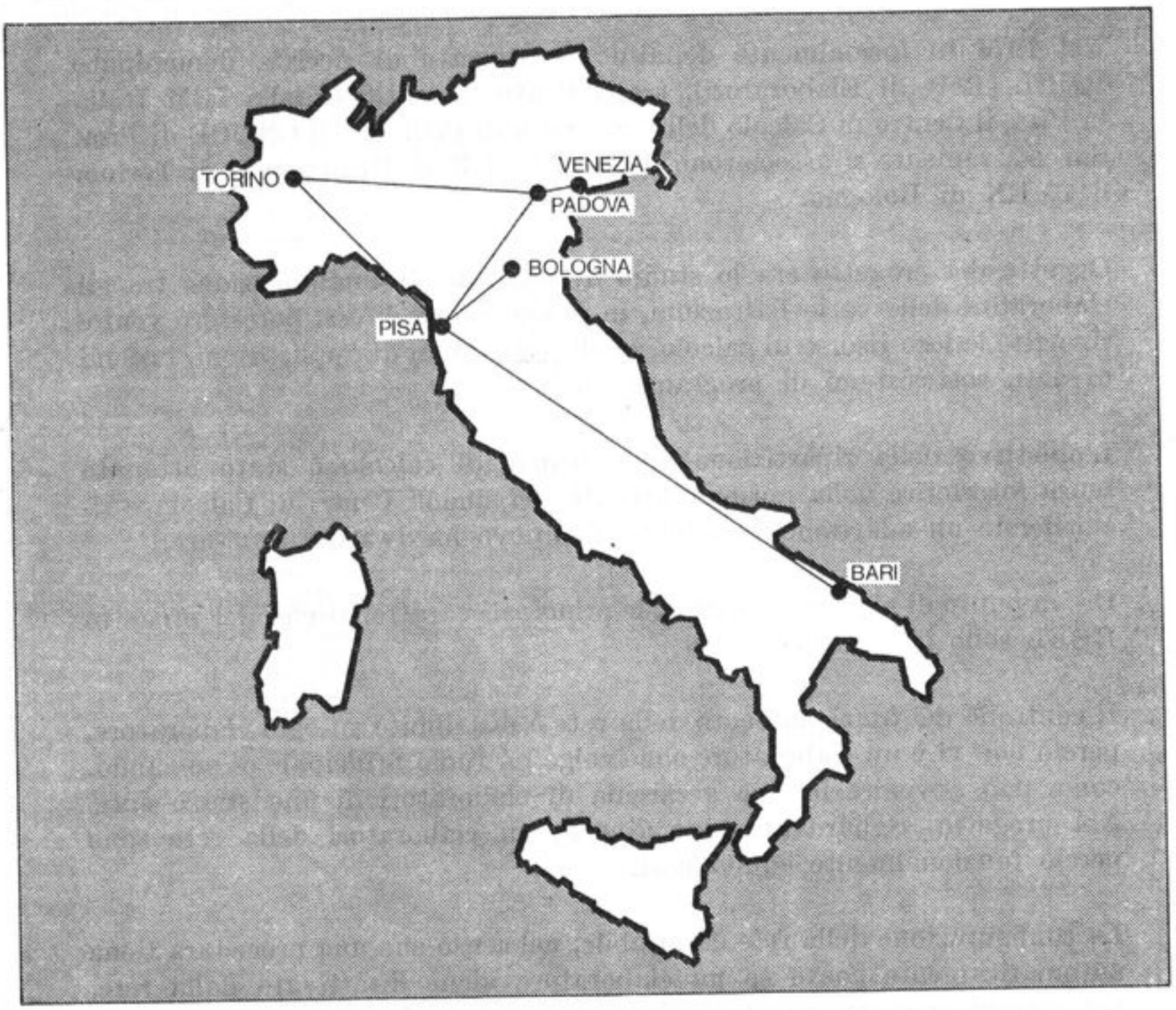
La configurazione della rete è variabile, nel senso che una procedura tiene automaticamente conto se un elaboratore viene disattivato dalla rete, per esempio per guasto, o se viene nuovamente inserito.

I Centri di Calcolo non sono omogenei, poiché la rete è in grado di collegare elaboratori diversi, sia per hardware, sia per il software che utilizzano.

Infine va rammentato che il progetto REEL, oltre agli specifici risultati conseguiti, è importante per la competenza che ha creato in Italia nelle varie istituzioni scientifiche sui problemi di reti di elaboratori.

La topologia del progetto REEL a marzo 1977 è indicata a tergo.

Topologia della rete REEL a Marzo 1977



Nel nodo di Pisa sono installati un Sistema/370 e un Sistema/7, in tutti gli altri nodi sono presenti Sistemi/370 IBM. I collegamenti avvengono tramite linee a 2400 bps (bit per secondo).

Joint Research Project for a Computer Network among Educational and Scientific Institutions in Italy

In 1974 was formally established a joint research project, named REEL (Rete di Elaboratori) among the Scientific Center of IBM Italy at Pisa, the Computing Center of the University of Padua, the CNUCE at Pisa.

Later on the CSATA at Bari, the University in Turin and the CNEN in Bologna joined the project.

The purpose of the project was to study a communication network among the computers of the previous Institutions in order to share their computing resources, i.e. application programs, data sets, programming subsystems.

Our aim was attained without causing unnecessary interference with the normal activity of each Center and at the same time minimizing additional hardware and software requirements.

From an informatic point of view the main characteristic of REEL project are as follows:

The networking control is distributed among all Computers, since none of the centers plays a master role, as it generally happens in a hierarchy of computers of a specific institution. Even if the computers work for different institutions, they are functionally equivalent.

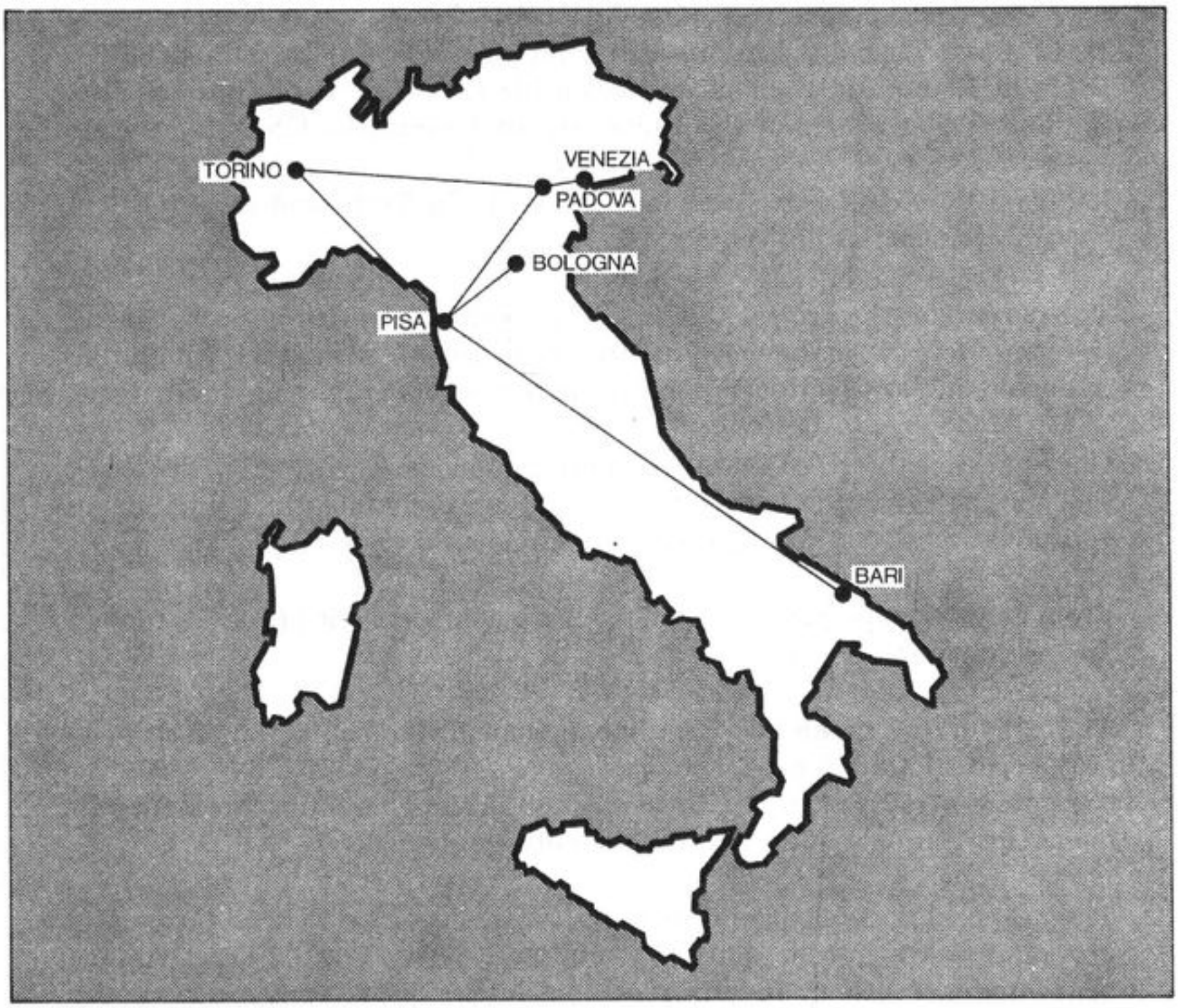
The networking configuration is variable, in the sense that an automatic procedure takes into account all variations, activations or deactivations of computers, without requiring manual intervention.

The computing centers are non-homogeneous because in each center there is a variety of hardware and software.

Finally we must remember that the REEL project, above those specific results achieved, is important for the interest arisen among the different Italian scientific institutions on the networking problems.

Topology of the REEL project on March 1977 on next page.

REEL Topology on March 1977



At the Pisa node a System/370 and a System/7 are installed while all the other nodes have System/370 IBM. The speed of transmission is 2400 bps (bit per second).

Struttura ed evoluzione nel linguaggio e negli esseri viventi

GUIDO FORTI
Ispra, Varese

In questo saggio si vuole illustrare un'analogia. L'esercizio di costruire delle analogie fra sistemi diversi si può sempre eseguire, e rischia di diventare futile se è soltanto un gioco di ingegnosità gratuita: diventa giustificato quando si riesce a far vedere che l'analogia illumina realmente la radice delle cose e ci fornisce una chiave per una comprensione più profonda dei campi che si mettono in relazione nella loro sostanza strutturale.

Che questo sia il caso per le scienze della vita e del linguaggio mi sembra fuori di dubbio, e se ciò non apparirà chiaro al lettore sarà per insufficienza dell'esposizione; spero che questa costituirà almeno uno stimolo per qualcuno a ripensare da sé tutte le questioni che potranno appena essere accennate in un breve saggio. Un'illustrazione completa richiederebbe un grosso libro, e dubito che riuscirei ad esser più chiaro e persuasivo e il lettore abbastanza paziente da seguirmi.

Il saggio si rivolge al generico lettore colto, o anche al lettore specialista in biologia o in linguistica; questi ultimi mi scuseranno se troveranno alcune parti dell'esposizione troppo ovvie ed inutili, e necessariamente un po' imprecise; confido che colmeranno loro stessi le lacune e spero che non trovino troppi errori sostanziali nella illustrazione dei dati acquisiti delle due scienze.

I SPECIE E LINGUE

Specie biologiche e lingue umane sono ambedue concetti astratti che si riferiscono a strutture complesse in evoluzione.

In biologia c'è voluto il genio di Darwin per rendersi conto di ciò in modo preciso; per le lingue era, almeno in parte, più evidente: solo in parte, come vedremo.

È chiaro ad esempio che nessuno ha mai dubitato che l'italiano e le altre lingue romanze 'derivano' dal latino, mentre che l'uomo derivi dalle scimmie ha fatto scandalo. Mi par già di sentire l'obiezione dei biologi: l'homo sapiens non 'deriva' dalla scimmia (e poi da che scimmia?). Bene, è altrettanto poco vero che le lingue romanze derivano dal latino, se per

latino intendiamo quello che si studiava a scuola come lingua di Cicerone. È questo un primo punto dell'analogia: nell'un caso e nell'altro è in gioco un processo di evoluzione di strutture, e i principi generali di interpretazione della 'derivazione' e della 'parentela' di lingue e specie hanno molto di analogo.

Nel caso delle lingue le derivazioni e le parentele, e in generale la natura storica delle strutture linguistiche, sono più immediatamente evidenti e coglibili, in quanto l'espressione linguistica la produciamo noi direttamente a livello cosciente. Possiamo anzi dire che un pensiero è a livello pienamente cosciente, o conscio, quando gli è associata un'espressione linguistica. (È questo il significato dell'identità crociana di intuizione ed espressione). Non vorrei essere frainteso: il funzionamento e i meccanismi della struttura linguistica sono per la massima parte inconsci, e solo si comincia, con fatica e duro lavoro scientifico, ad analizzarli. Quello che intendo dire è che la 'coscienza', lo strato conscio della nostra psiche, è una struttura analoga, se non addirittura coincidente con la struttura linguistica, che ne costituisce perlomeno una parte essenziale. Che la 'coscienza' sia una struttura e non un'entità misteriosa è affermazione che non dovrebbe suscitare meraviglia in un biologo, che non può ignorare che si tratta di una funzione strutturata che riposa a sua volta su strutture sottostanti, e finalmente sulla struttura biologica della specie umana. E anche quando si voglia ignorare questo legame, di cui non conosciamo ancora praticamente nulla, eccetto certe localizzazioni celebrali, si potrà magari respingere quasi tutto della psicanalisi, ma non l'esigenza scientifica fondamentale di analizzare lo strato conscio della psiche come struttura condizionata da altre strutture più profonde.

Chiudiamo ora questa parentesi e torniamo alla nostra analogia per coglierne il significato più profondo e svilupparla meglio. Istituire un'analogia fra specie biologiche e lingue naturali significa dunque approfondire i concetti fondamentali e correlati di struttura e di evoluzione e cercare di coglierne le caratteristiche essenziali; comuni, e non per caso, ai due campi di applicazione.

Ho detto che specie e lingue sono due concetti astratti che fanno riferimento a strutture in evoluzione; non per questo il concetto di specie perde il suo valore coll'avvento della teoria dell'evoluzione: parlare di specie significa oggi riferirsi a tutti gli organismi che hanno in comune un patrimonio genetico. Questo non è una collezione astratta di caratteri in quanto appunto è comune, cioè tutti gli organismi della specie comunicano geneticamente fra loro: alla potenzialità di evoluzione del patrimonio genetico della specie tutti contribuiscono, almeno in linea di principio, in virtù del requisito di interfertilità che è la base della definizione di specie.

Allo stesso modo il concetto di lingua si riferisce a tutti gli individui che, almeno potenzialmente, comunicano fra loro con il linguaggio, e la lingua è appunto il patrimonio di strutture linguistiche che da un lato permette questa comunicazione e dall'altro evolve appunto in funzione dell'uso

attuale che di questo patrimonio fanno gli individui che ne partecipano. L'analogia non è perfetta, in quanto la lingua è relativamente meno ben definita della specie, poiché le possibilità di comunicazione fra aree linguistiche diverse sono meno rigorosamente delimitate che per la specie e un certo grado di comunicazione è possibile su aree più vaste; non è insomma come per la specie in cui l'interfertilità c'è o non c'è; nella lingua è una questione di grado, e un italiano colto riesce ad esempio a comunicare con uno spagnolo passabilmente usando il linguaggio. Si tratta però di una differenza non essenziale; d'altronde analizzando bene la realtà concreta, anche l'interfertilità è soggetta a gradi (ci si può chiedere, ad esempio, se il San Bernardo e il Chihuahua siano veramente interfertili).

II DALLA LINGUISTICA ALLA BIOLOGIA

Per sviluppare nei dettagli più significativi l'analogia, partirò dai concetti della linguistica per correlarli a quelli della biologia. Ho due motivi per procedere così. Da un lato i concetti della biologia, legati a una tradizione rigorosa di ricerca sperimentale, sono più netti e inequivoci, ed è possibile riferirsi ad essi con un semplice accenno, omettendo tutte le distinzioni che sarebbero a rigore necessarie, in quanto il lettore aggiornato nel ramo può completare il quadro da sé senza fraintendimenti; dall'altro i concetti della linguistica sono più generali, in quanto proprio il carattere più sfuggente della materia ha costretto i linguisti a un maggiore approfondimento critico nei problemi metodologici e nella definizione dei concetti.

Ciò è anche legato all'evoluzione storica delle due scienze, e ci spenderò due parole.

Pressapoco al tempo in cui Cuvier poneva le basi della zoologia e della paleontologia comparate moderne, pur restando legato alla concezione fissista, i linguisti comparatisti, e mi limiterò a fare i nomi di Bopp e Schleicher, facevano un analogo lavoro di comparazione nel campo della linguistica indoeuropea. Non essendo vincolati per ragioni ideologiche a posizioni fissiste, i linguisti fecero, semplificando un po' grossolanamente, l'errore opposto: si buttarono a costruire in modo un po' acritico l'indoeuropeo 'originario', madre di tutte le lingue indoeuropee. Un maggiore senso critico in linguistica venne dal lavoro più accurato e di dettaglio dei romanisti, cioè di quelli che specificatamente si occupavano delle lingue neolatine, e dagli studi di linguistica fatti 'sul campo' sui vari dialetti.

Verso la fine dell'ottocento il de Saussure pubblicava il famoso *Mémoire sur les voyelles* che costituisce, nel giudizio di molti, il capolavoro della linguistica indoeuropea; non è il caso di entrare in dettagli, ma basta accennare al fatto che per la prima volta si giungeva a una ricostruzione veramente

soddisfacente del sistema vocalico indoeuropeo. La chiave di questa ricostruzione era la considerazione di una nuova vocale, poi battezzata šva, di cui non si specificava esattamente né la natura fonica né quella articolatoria, ma che era definita soltanto dai suoi rapporti sistematici di distinzione e di opposizione colle altre vocali, e la cui realtà era evidenziata dai vari esiti che questo fonema ha poi dato nelle diverse lingue indoeuropee documentate.

Lo sforzo di astrazione necessario per giungere a questa sintesi ha condotto Saussure a ripensare criticamente la natura e la metodologia della sua scienza. Abbandonando praticamente la ricerca su questioni specifiche. Saussure concentrò tutte le sue energie intellettuali nello sforzo di definire criticamente la natura della lingua e della linguistica. Il risultato provvisorio e ancora fluttuante di questo sforzo fu da lui esposto in tre anni di corsi universitari (l'ultimo nel 1910-11) a Ginevra, e poi raccolto in volume dagli allievi col titolo di *Cours de linguistique générale* (1916). Pur nella sua natura incompleta e spesso equivoca, poiché è stato ricostruito su appunti di studenti e note frammentarie dell'autore, si tratta di un'opera la cui importanza teorica e storica nel pensiero scientifico contemporaneo può essere soltanto paragonata all'*Origine delle specie* di Darwin, o all'opera più o meno contemporanea di Einstein, di Freud, di Wittgenstein, dei 'critici dei fondamenti' della matematica (qui si tratta di un'opera più collettiva, ma citiamo almeno Frege, Russel, Hilbert e Gödel).

L'omogeneizzazione e il ripensamento critico dell'apporto di questi 'padri fondatori' del pensiero scientifico contemporaneo è ancora in larga misura da fare, ma è un compito essenziale della cultura, a cui non è lecito rinunciare se non si vuol rinunciare a formarsi una visione scientifica del mondo. Quanta strada ci sia ancora da fare è evidente dal fatto che in Italia, e non soltanto in Italia, ci sono ancora molte persone 'colte', che non hanno mai sentito parlare di Saussure o di Wittgenstein, per non parlare di Gödel.

Tornando al nostro tema, non è possibile esporre qui neanche a grandi linee il contenuto del *Cours* de Saussure e ancor meno gli sviluppi successivi della linguistica strutturale. Cercherò soltanto di illustrare coll'analogia biologica le idee chiave di Saussure.

III LANGUE E PAROLE - GENOTIPO E FENOTIPO

Una prima distinzione fondamentale che fa Saussure è quella fra 'langue' e 'parole'. L'analogo in biologia, anche se l'analogia è assai imperfetta, è la distinzione fra genotipo e fenotipo. 'Parole' è l'atto concreto di espressione linguistica di un individuo; 'langue' è il patrimonio di strutture linguistiche comuni che rendono possibile l'atto di 'parole' come comunicazione effettiva fra individui. Saussure insiste sul fatto che la 'langue' non è una pura astrazione ma è una struttura effettivamente e materialmente sussistente nel cervello dell'individuo. La 'langue' non sarà pre-

cisamente identica in nessun individuo, proprio come il genotipo è diverso da un organismo all'altro della stessa specie. Esiste però, concretamente, un patrimonio comune che, nella lingua come nella specie, non è una collezione astratta, ma una struttura funzionale che è mantenuta per un verso stabile e per l'altro in continua evoluzione dalla comunicazione, genetica nella specie e linguistica nella lingua; ogni atto di parole è nello stesso tempo la manifestazione e la conferma della struttura linguistica e una nuova e originale combinazione che dà un'altra spinta all'evoluzione della lingua, proprio come ogni accoppiamento (o un'altra forma di comunicazione genetica, oggi comincia ad emergere l'importanza filogenetica, e non solo strumentale ai fini della ricerca, della trasduzione) è nello stesso tempo manifestazione essenziale della struttura funzionale dell'organismo ed evento evolutivo innovatore.

IV SINCRONIA E DIACRONIA

Una seconda distinzione fondamentale di Saussure è di carattere metodologico: si tratta della distinzione fra studio sincronico e diacronico della lingua. Una lingua è una struttura funzionale che costituisce un 'sistema' come lo è un organismo biologico. Nello studio di una lingua ci si può mettere dal punto di vista sincronico, cioè analizzare la struttura della lingua come sistema effettivamente dato nella pratica di quelli che la parlano, indipendentemente dalla sua evoluzione, o viceversa dal punto di vista diacronico, ricercandone le radici e le parentele filogenetiche e i principi di evoluzione. La confusione fra i due punti di vista non porta a nulla di buono perché un sistema funzionale è veramente analizzato e compreso quando se ne sa specificare la struttura delle articolazioni e relazioni reciproche degli elementi nel loro concreto funzionamento, che ha appunto la caratteristica di essere autonomo e indipendente dalla sua origine storica. Il biologo sa bene che i ragionamenti evoluzionistici non servono affatto ad elucidare concretamente la fisiologia di una singola specie, e viceversa la fisiologia funzionale ha pochissimo valore come guida per la ricostruzione filogenetica. L'errore metodologico della confusione fra sincronia e diacronia era forse più grave in linguistica ma, anche in biologia, quanti falsi ragionamenti e inconcludenti argomentazioni di tipo finalistico sono stati rintrodotti sotto il mantello della teoria dell'evoluzione? La distinzione fra sincronia e diacronia, aldilà del suo valore metodologico, ha un valore sostanziale, perché la sua ragione più profonda va ricercata in una caratteristica fondamentale analoga dei sistemi linguistici e biologici. Questa caratteristica sta nel fatto che nei due campi l'evoluzione avviene per 'mutazioni casuali', cioè la molla del cambiamento non è riconducibile alla natura sistematica della struttura. Nel campo dei sistemi viventi è ben noto che le mutazioni sono casuali, e soltanto la selezione naturale ristabilisce continuamente la natura sistematica dell'organismo. Anche la molla principale dell'evoluzione linguistica è indipendente

dalla natura sistematica dell'insieme della lingua. Infatti la 'mutazione' linguistica è, prima di tutto anche se non soltanto, una mutazione puramente fonetica, indipendente dalla funzione semantica della lingua.

V LA NATURA DEL SEGNO LINGUISTICO

Giungiamo così a quello che è il principio cardinale di tutta la linguistica strutturale moderna, il principio dell'arbitrarietà del segno linguistico. Per illustrarne più compiutamente il contenuto è necessaria una digressione sulla natura del segno linguistico. La lingua è un sistema organico di segni, cioè di corrispondenze 'semantiche' fra 'significato' e 'significante'. Ma è necessario considerarne bene la natura. Il segno linguistico non è qualcosa che faccia corrispondere meccanicamente degli elementi già preesistenti nel campo dei 'significati' e dei 'significanti'. Mediante il segno linguistico vengono articolati simultaneamente in un complesso sistematico il campo dell'esperienza umana da un lato, e il campo delle emissioni foniche dall'altro. Non esiste alcunché di distinto, prima del linguaggio, che corrisponda ai segni linguistici 'sedia' o 'speranza'. Esiste soltanto un continuo delle possibili articolazioni foniche da un lato, e dell'esperienza della vita di relazione dall'altro. Mediante il segno linguistico viene segmentato l'insieme delle possibili fonazioni in elementi distinti e successivi, i 'fonemi', che consideriamo pertinenti alla struttura del linguaggio, e che costituiscono un sistema di 'valori' linguistici che si definiscono mediante le reciproche opposizioni e distinzioni. Non ha importanza che io pronunci, ad esempio una 'r' alla francese, o all'italiana, o in un modo speciale tutto mio, purché sia percepita come un elemento 'r' distinto, per esempio da 'l'. (In cinese e in giapponese la distinzione fra questi due fonemi non esiste, o meglio, non è considerata pertinente). I fonemi nella struttura della lingua acquistano 'valore', da un lato attraverso le loro opposizioni o, come si dice, le loro relazioni paradigmatiche (o è o perché è diverso da 'e', e da 'a',) e dall'altro dalla loro collocazione in una sequenza determinata in un 'testo', cioè dalle loro relazioni sintagmatiche. Ai fonemi di per sé non corrisponde alcun elemento di significato. Ai primi elementi di significato corrispondono sequenze elementari semplici di fonemi (in qualche caso ridotte a un solo fonema, o anche a nessuno, una pausa), i 'morfemi'. (Grosso modo le parole, ma anche suffissi, prefissi, ecc., elementi insomma già significativi. La parola è d'altronde un concetto equivoco che non è facile definire rigorosamente mediante un'operazione scientifica di segmentazione della catena fonemica, ci sembra così ovvio soltanto per la nostra abitudine alla scrittura).
I morfemi, a loro volta, acquistano il loro valore linguistico sempre in virtù, da un lato, dalle loro opposizioni paradigmatiche (cane diverso da pane) e dall'altro dalle loro relazioni sintagmatiche nel contesto dell'espressione linguistica concreta.
I linguisti hanno accumulato ormai un imponente lavoro scientifico di

analisi nel campo del versante fonico della lingua, nel campo dei significanti, mentre ancora relativamente più inesplorato è il campo correlato dei significati. La scuola 'fonologica' di Praga (Trubeckoi e altri) ha compiuto un'analisi abbastanza completa dei sistemi di fonemi utilizzati in tutte le lingue naturali giungendo a definire un paradigma complessivo di tutti i fonemi classificati in base a un numero ristrettissimo di 'caratteri' astratti la cui combinazione dà luogo a tutti i possibili fonemi.

Ad altri imponenti sviluppi della nuova linguistica strutturale non è il caso di accennare qui. Importa invece ricordare che il grande linguista danese Hjelmslev, fondatore della 'glossematica', ha proposto di impostare un lavoro in un certo senso parallelo di segmentazione e di analisi in elementi astratti sottostanti nel campo semantico, cioè dei significati. Si tratterebbe cioè di ricostruire il sistema astratto di significati elementari, e il meccanismo delle loro contrapposizioni paradigmatiche e connessioni sintagmatiche, analogo al lavoro nel campo dei significanti. In particolare Hjelmslev pensava che fosse possibile individuare 'caratteri' astratti di significato in numero limitato, analoghi ai 'caratteri' astratti dei fonemi, privi di espressione diretta linguistica, la cui combinazione poteva dar luogo ai corrispettivi nel campo semantico dei 'fonemi'.
Personalmente non ritengo che questa via possa condurre a successi notevoli, per ragioni troppo lunghe a spiegarsi, ma essenzialmente perché l'atteggiamento troppo rigorosamente 'sincronico' di Hjelmslev, ignorando completamente la storia, se può essere giustificato nella sfera dei 'significanti' dove in ultima analisi le radici si possono individuare nella struttura biologica definita della specie umana, non lo è altrettanto in quella dei 'significati' che non possono essere ricostruiti come archetipi biologici o sociologici prescindendo dalla concreta realtà storica. Tuttavia l'impostazione di Hjelmslev è interessante e importante, perché chiarifica e puntualizza l'impostazione globale della linguistica strutturale, la cui portata generale e filosofica non era stata del tutto compresa e rischiava di andare smarrita nei lavori troppo esoterici degli specialisti di linguistica. In sostanza si tratta di comprendere a fondo la natura del segno linguistico come rapporto arbitrario fra due strutture che sono generate dalla stessa operazione semantica del linguaggio, segmentando e correlando fra loro i due campi delle fonazioni e dell'esperienza di relazione, che si trasformano così in campo dei significanti e dei significati.
Hjelmslev ha insistito forse troppo sistematicamente sulla simmetria dei due campi e pretende di ricavare tutto per via deduttiva. Sarebbe come se un biologo pretendesse di dedurre tutte le possibili funzioni di un organismo vivente per via puramente astratta, partendo dal concetto generale di essere vivente e dalle sue relazioni possibili coll'ambiente.
L'ambiente della lingua è la società e la storia, come l'ambiente della vita è il sistema ecologico del pianeta, e questi ambienti sono modificati dallo svolgersi del fenomeno vita da un lato e del fenomeno linguaggio

dall'altro, in modo così profondo, e di natura così profondamente storica, che ogni impostazione puramente a priori è chimerica.
Torniamo dunque alla nostra analogia, prima di precisare meglio cosa intendiamo per arbitrarietà del segno. Al campo dei significati corrisponde in biologia il campo delle funzioni organiche, al campo dei significanti quello delle strutture genetiche. Il corrispondente del fonema è la terna di basi di DNA, il codone (la singola base corrisponde piuttosto al carattere astratto costitutivo del fonema) e l'aminoacido da questo specificato, mentre il corrispondente del morfema è la sequenza di basi che codificano per una proteina, e la proteina stessa nel campo dei significati, cioè la prima unità dotata di significato funzionale per la sua attività enzimatica e le altre sue caratteristiche strutturali pertinenti alla sua funzione. È chiaro che qualsiasi funzione organica richiede un'insieme articolato e controllato di meccanismi enzimatici, così come la funzionalità di un'espressione concreta, di una frase, richiede una sequenza di parole (o meglio morfemi) correlati fra loro in una struttura sintagmatica complessa.

VI L'ARBITRARIETÀ DEL SEGNO

Veniamo ora più propriamente all'arbitrarietà del segno. È una caratteristica fondamentale del linguaggio che non esiste nessuna relazione necessaria fra significante e significato, ad esempio fra i fonemi che compongono un morfema e il corrispondente significato. Si potrebbe cercare (ed è stato fatto prima della chiarificazione di questi concetti) di esprimere questa arbitrarietà dicendo che il segno linguistico è di natura convenzionale, ma questo sarebbe una terminologia impropria e fuorviante, perché la relazione segnica non si è certo stabilita per convenzione, ma si è sviluppata storicamente per una via che potremmo chiamare 'organica' da un lato, ed inoltre, ciò che ha ancora piü importanza, la parola convenzione suggerisce che indipendentemente dall'esistenza del segno linguistico sussistano il significato e il significante come entità separate e delimitate, il che è falso.
Alcuni linguisti positivisti di tendenza meccanicista cercarono di spiegare la origine del linguaggio come onomatopee, cioè imitazione vocale di suoni correlati al significato, ma questa tesi non ha certo conferma scientifica: la maggior parte delle onomatopee che oggi sussistono nel linguaggio, studiate nella loro evoluzione linguistica, si sono rivelate apparenti, e anche le voci che sono pensate come onomatopee, tipo bau e miao per i versi del cane e del gatto, sono tanto arbitrarie da essere irriconoscibili a persone di altre aree linguistiche.
Simile sorte ha avuto l'ipotesi della nascita del linguaggio da interiezioni, cioè da reazioni fisiologiche spontanee che portavano ad emissioni di suoni che poi venivano per questa via correlati ai significati. L'analisi comparativa mostra che le interiezioni sono anche profondamente diverse

in diverse aree linguistiche e che molte di loro sono derivate da contrazioni di morfemi più propriamente 'segnici'. Ma il punto più importante, anche se qualcuna di queste ipotesi meccanicistiche fosse fondata dal punto di vista della genesi storica del linguaggio, è che in concreto, dal punto di vista sincronico del funzionamento attuale del linguaggio come struttura, questa eventuale derivazione non ha più importanza se non estremamente marginale, e si può veramente dire che c'è linguaggio umano quando la funzione segnica è arbitraria.
Qualcuno potrebbe pensare di spiegare meglio il concetto di arbitrarietà ricorrendo al termine 'simbolico'; ed effettivamente un simbolo appoggia su una relazione significato-significante. Ma il termine simbolo è ambiguo, in quanto esistono varii tipi di simboli, e non tutti hanno la caratteristica dell'arbitrarietà; per questo in linguistica si preferisce il termine 'segno' e si specifica che il segno linguistico è arbitrario.
L'arbitrarietà non si limita alla sola costituizione fonemica dei morfemi, ma si estende a tutta la struttura linguistica. Non è rintracciabile nessuna ragione diretta e necessaria per cui certi significati debbano esprimersi con certe caratteristiche strutturali piuttosto che con altre; così esistono lingue senza tempi dei verbi, o senza modi, ma con altre caratterizzazioni, magari con flessioni secondo i generi. Questo non significa, naturalmente, che i popoli che le parlano non abbiano la nozione del tempo, ma semplicemente che articolano i concetti in modo diverso. (Questo esempio ha puro scopo esplicativo e farebbe probabilmente inorridire un linguista moderno, che ne rifiuterebbe anche la terminologia).

Vediamo ora l'analogo in campo biologico. Oggi si sa che non esiste nessuna correlazione chimica diretta fra una terna di basi che costituisce un codone e il corrispondente aminoacido e, in linea di principio almeno, il codice genetico è del tutto arbitrario nel senso che cambiando i RNA che fanno da adattatori sarebbe possibile cambiare il codice senza alterare la natura fondamentale della codificazione genetica. Di fatto ci sono casi in cui l'interpretazione del codice è alterata (vedi il meccanismo d'azione della streptomicina elucidato da Gorini) e altri in cui questa alterazione è addirittura indispensabile alla sopravvivenza dell'organismo (batteri streptomicino-dipendenti). Anche qui diversi biologi hanno speculato sulla possibilità che in origine una relazione fra codone e aminoacido ci fosse, ma queste speculazioni hanno scarsa consistenza scientifica; il punto cruciale anche qui comunque non sta nel cercare di capire come il codice si può essere sviluppato, ma nella constatazione che 'sincronicamente' una simile relazione negli organismi che conosciamo non esiste e, considerato dal punto di vista del funzionamento concreto, il codice è arbitrario nel senso della teoria linguistica.
Né l'arbitrarietà nei sistemi biologici si ferma qui: anche la sequenza di aminoacidi che compone una proteina dotata di una determinata funzione enzimatica è in larga misura arbitraria, tanto che la sequenza di proteine analoghe in organismi vicini evoluzionisticamente sono differenti, in

maniera anche notevole man mano che la 'parentela' si fa meno stretta. Evidentemente la proteina dovrà compiere la sua funzione, ma ciò può essere ottenuto in vari modi; la sua funzione comprende poi anche la catena dei suoi controlli, e anche qui quello che conta non è la concreta architettura chimica che realizza i controlli, ma le caratteristiche reazioni di controllo fra proteine, cosicché l'arbitrarietà è ancora molto più larga di quel che si potrebbe pensare; cambiando correlativamente le sequenze delle altre proteine coinvolte nel controllo, sarebbe possibile in linea di principio cambiare quasi interamente una sequenza di aminoacidi senza alterare praticamente in modo apprezzabile la funzione corrispondente. Tutto ciò è in quasi perfetta analogia con quanto accade nella lingua e, come vedremo meglio, non si tratta affatto d'un caso.

Occorre intendersi bene sul concetto di arbitrarietà. Una determinata sequenza di aminoacidi, e quindi di basi, non è arbitraria nel senso che mutare anche un solo elemento sia del tutto indifferente, anche una sola sostituzione di aminoacido può alterare notevolmente l'efficienza della funzione, ma in virtù della struttura complessiva del sistema biologico e non di un legame diretto codice-funzione; così cambiare una sola lettera (fonema) in un contesto può radicalmente alterare il senso di una parola e di un'intera frase, ma ciò avviene in virtù del carattere sistematico di ciascuna struttura linguistica determinata e non intacca il carattere radicalmente arbitrario del segno linguistico in generale.

La lingua insomma è una struttura di relazioni nel campo dei significanti e una struttura di relazioni nel campo dei significati largamente indipendenti fra loro, ma correlate dalla relazione segnica che le genera e in sostanza mappa le due strutture una sull'altra. (Questa definizione, che fa appello a concetti matematici, va intesa come una metafora, e non pretende di essere assolutamente rigorosa). Allo stesso modo un organismo biologico è l'insieme di una struttura genetica e di una struttura funzionale largamente indipendenti fra loro e correlate dal meccanismo della trascrizione-traduzione (e della replicazione-riproduzione). In entrambe le strutture gli elementi sono arbitrari, così come è arbitraria la legge di corrispondenza, ciò che non è arbitrario è la struttura complessiva che deve realizzare il 'mappaggio', con notevole efficienza e uniformità.

Per rendersi conto di quanto sia valida questa concezione strutturalistica di un organismo biologico, basta pensare che si è riusciti a costruire mappe genetiche abbastanza dettagliate di organismi ben prima di conoscere sia la natura molecolare dei geni, sia la base funzionale dei caratteri somatici corrispondenti, cioè dei significanti e dei significati della nostra analogia.

VII IMPORTANZA DELL'ARBITRARIETÀ

Vediamo ora i motivi per cui il carattere dell'arbitrarietà, nel linguaggio come nella vita, ha un'importanza così centrale. È proprio in virtù del-

l'arbitrarietà che nei due campi della nostra analogia è possibile l'evoluzione di tipo Darwiniano, per 'mutazioni casuali' e 'selezione naturale'. Abbiamo già accennato alla cosa, ma ora si tratta di chiarire questo punto essenziale, che è poi il nocciolo di tutta questa esposizione. Se il legame fra significanti e significati, fra struttura genetica e funzioni organiche, non fosse arbitrario nel senso già illustrato, anche le mutazioni 'a caso' non potrebbero far evolvere una struttura se non in un ambito molto ristretto di possibilità predeterminate, in quanto il legame deterministico fra struttura significante e significato dovrebbe sempre essere mantenuto. Si avrebbe quindi un'evoluzione di tipo deterministico-meccanico e non un'evoluzione aperta di carattere storico, quale è quella della vita da un lato, e della cultura che ha la sua base nel linguaggio dell'altro. È in virtù dell'arbitrarietà che la storia, sia della vita che del linguaggio, è sempre radicalmente innovativa e creativa, e ci troviamo di fronte all'apparente paradosso che l'analisi scientifica dell'evoluzione, se da un lato ci fornisce, almeno potenzialmente, una spiegazione esauriente dell'evoluzione passata, dall'altro non ci dà alcuna indicazione decisiva e vincolante sul corso dell'evoluzione futura. La chiave per la soluzione di questo paradosso, senza rinunciare a una visione scientifica del mondo, sta appunto nel principio dell'arbitrarietà del segno.

VIII LA RIDONDANZA

È anche chiaro che l'evoluzione per mutazioni casuali e selezione è possibile solo in virtù di un'altra caratteristica essenziale delle strutture linguistiche e biologiche, la ridondanza.

Se tutti gli elementi di un sistema fossero strettamente indispensabili al suo funzionamento, nessuna mutazione o quasi potrebbe mantenersi sotto la pressione della selezione. Vediamo brevemente, e imprecisamente, un esempio nel campo linguistico, solo a scopo illustrativo. L'evoluzione dal sistema delle declinazioni del latino al sistema del tutto differente dalle lingue romanze è stata possibile, senza che la gente cessasse di capirsi, in virtù della ridondanza del latino, e c'è stata un ridistribuzione di questa. Così nel latino c'era un elemento di ridondanza nella collocazione libera delle parole nella proposizione, che è stato abbandonato parzialmente, e quasi del tutto in francese dove, per le mutazioni fonetiche che hanno quasi interamente distrutto le flessioni in termine di parole, la collocazione delle parole diventa più rigida e tutti gli elementi della proposizione devono essere espressi; lo è meno in italiano, dove le desinenze flessive si sono mantenute meglio. Così dall'uso ridondante del dimostrativo è nato l'articolo determinativo, e da quello del numerale l'indeterminativo, eccetera.

L'importanza della ridondanza nei sistemi biologici è enorme. Il più evidente caso di ridondanza è la diploidia (e la poliploidia), e non c'è bisogno di insistere, per chi ha qualche nozione di biologia, sulla importanza evolutiva del meccanismo della riproduzione sessuale mediante segregazione

nella meiosi, che potremmo chiamare da questo punto di vista un meccanismo di gestione dinamica della ridondanza. Ma c'è poi l'amplificazione genetica, sempre a livello del gene, che è un altro fenomeno di ridondanza. Ma questi casi più ovvi di ridondanza non sono i soli importanti. Abbiamo ridondanza, nella specie come sistema, nel numero degli individui, e oggi gli etologi hanno cominciato a chiarire i meccanismi istintuali che controllano questa ridondanza. Si comincia cioè a superare la visione troppo strettamente malthusiana di certo darwinismo semplicistico, e a comprendere che la selezione naturale non agisce soltanto direttamente a controllare questa ridondanza, attraverso l'eliminazione diretta degli individui troppo numerosi, ma piuttosto e prevalentemente per via mediata, attraverso meccanismi di controllo della fertilità.
Abbiamo ridondanza nell'arco di vita e di maturazione di ogni individuo, e da questo punto di vista la stessa morte può essere considerata un meccanismo di controllo della ridondanza, sotto controllo genetico. La sopravvivenza al termine della vita fertile è un esempio di ridondanza, e questa ridondanza è messa a frutto dell'evoluzione per la trasmissione di moduli di comportamento e per lo sviluppo di strutture sociali complesse negli animali superiori.
Si potrebbe continuare a lungo cogli esempi, molti di importanza essenziale, ma quello che mi preme è far capire l'importanza generale del concetto di ridondanza in biologia e mettere in evidenza che molti problemi essenziali della ricerca biologica si possono unificare concettualmente come il problema dei meccanismi di controllo della ridondanza.

IX ARBITRARIETÀ, RIDONDANZA E TRASCENDENZA

Arbitrarietà del segno e ridondanza sono dunque i fondamenti del processo dell'evoluzione delle strutture organiche. Non uso di proposito il termine 'meccanismo' poiché, per l'appunto, non si tratta di un meccanismo. Dall'arbitrarietà e dalla ridondanza risulta infatti il carattere del processo evolutivo, che mi pare sia meglio indicato dalla parola 'trascendenza'.
A partire da una struttura esistente, appunto perché la corrispondenza fra struttura significante e struttura significata è arbitrario, e le mutazioni sono 'a caso', cioè estranee alla natura sistematica della struttura considerata sincronicamente, il risultato non è prevedibile, ed è sempre sintetico ed innovativo; esso trascende la struttura esistente. La selezione naturale gioca soltanto nell'eliminare i risultati non funzionali, e perciò non sistematici, garantendo così la natura sistematica della nuova struttura che nasce, senza per questo condizionarne rigidamente gli esiti. C'è infatti da considerare che la selezione agisce per la pressione dell'ambiente, ma lo ambiente non è immutabile, ed a lungo termine è esso stesso plasmato dalle mutazioni e dai nuovi sistemi funzionali che nascono dal processo dell'evoluzione in modo tanto profondo che tutto l'ecosistema (in biologia) e l'ambiente culturale (nella linguistica) sono coinvolti nell'evoluzione e ne mutuano il carattere trascendente (nel senso specificato).

X CONCETTO SCIENTIFICO DI STRUTTURA ORGANICA IN EVOLUZIONE

Vediamo così che la nostra analogia ci ha portato ad un concetto sintetico nuovo (è forse troppo riduttivo chiamarlo concetto, si tratta di una struttura di concetti): quello di struttura organica in evoluzione. Esso si articola attraverso l'interazione di due strutture simmetriche, quella dei significati e dei significanti, connesse fra loro dalla relazione di mappaggio segnico che le fonda, e che ha i caratteri essenziali dell'arbitrarietà e della ridondanza; la dinamica di queste strutture ne risulta aperta, innovativa, trascendente.

Vediamo anche che questo concetto nuovo, che emerge dall'analisi scientifica dei fenomeni della vita e del linguaggio, contiene un elemento estraneo e non riconducibile al vecchio meccanicismo delle origini della scienza moderna, e tuttavia rigorosamente scientifico. Esso non fa appello a mistiche entità quali 'il principio vitale' o 'lo spirito della lingua e della cultura' ma si fonda su una rigorosa analisi dei principi strutturali concretamente constatabili nel campo delle rispettive scienze, senza che sia necessario, anzi positivamente escludendo, che gli elementi delle due strutture siano di natura diversa. Le basi del DNA sono porzioni di molecole come gli aminoacidi che costituiscono le proteine e obbediscono agli stessi principi chimico-fisici. Così fonemi e morfemi da una parte, e 'sememi' e 'morfosememi' dall'altra (la terminologia è un po' arbitraria ma spero a questo punto di essere capito) sono strutture 'psichiche' la cui costituzione materiale, chimica o elettrica, ci è al presente ignota, ma che non abbiamo nessuna ragione di supporre di natura diversa, ed abbiamo invece ogni ragione di ritenere che sia fondata su strutture biologiche, certamente complesse, ma riconducibili agli stessi principi.

La trascendenza del processo evolutivo è insomma una proprietà strutturale di cui ci capacitiamo perfettamente in termini di analisi scientifica. Questa proprietà distingue i processi 'organici' dai processi meccanici e conduce a una dinamica di carattere storico, e non deterministico.

È anche evidente perché ho usato l'aggettivo 'storico'. La struttura della società umana è una struttura di produzione materiale e riproduzione biologica da un lato, e di rapporti psicologici e strutture di dominio e di potere dall'altro. La sua evoluzione è la storia. Il linguaggio è un elemento essenziale di questa struttura. I principi generali della nostra analisi, i caratteri di arbitrarietà della relazione fra le due strutture, la ridondanza e la trascendenza dello sviluppo evolutivo si applicano anche a questo caso.

Quando si è concentrata più nettamente l'attenzione della riflessione scientifica sulla storia, con Hegel, si è parlato del processo di sviluppo storico come di un processo dialettico, in contrapposizione coi processi deterministico-meccanicisti. Se si preferisce qui il termine di trascendenza a quello di dialettica, è perché il concetto di sintesi dialettica, mentre coglie le caratteristiche innovative e creative del processo, in realtà non le giustifica; difetta di scientificità in quanto si fonda su un idealismo che è

sostanzialmente retorico. Insomma quella di Hegel, almeno quando cerca di applicarla ai fenomeni naturali, non è dialettica, ma retorica. La prova più evidente di ciò è che Hegel è stato del tutto incapace di giustificare, ed anche soltanto di intendere, il metodo delle scienze cosiddette empiriche, che era poi, allora, il metodo scientifico e basta.
Col rovesciamento della dialettica Hegeliana dall'idealismo al materialismo nell'opera di Marx questo limite di Hegel è stato denunciato, non però interamente ovviato. Se il materialismo storico può ritenersi una dottrina scientifica, qualsiasi obiezione gli si voglia muovere, in quanto si basa su un'analisi strutturale dei sistemi sociali e del loro sviluppo, altrettanto non può dirsi del materialismo dialettico. La natura del processo dialettico non è affatto chiarita dall'opera di Engels, che partecipa dello stesso verbalismo dell'idea Hegeliana della dialettica. È fin troppo noto che le affabulazioni scientifico-retoriche di Engels la cedono di poco a quelle dello stesso Hegel. È noto anche che Marx e Engels salutarono entusiasticamente l'apparizione della teoria dell'evoluzione Darwiniana, ma la loro comprensione si limitò al principio 'ideologico' dell'evoluzione, e non al contenuto scientifico sostanziale del Darwinismo. L'incomprensione (reciproca) fra Marx e Darwin fu totale.

Resta che la continuità fra sviluppo inorganico, organico, e storico è un'esigenza irrinunciable di qualsiasi materialismo storico, e pertanto, poiché l'evoluzione sia storica che biologica (e d'altronde anche fisica) non è evoluzione della materia ma delle strutture, una teoria scientifica dell'evoluzione deve essere basata sull'analisi delle strutture e delle loro proprietà caratteristiche. I principi dell'evoluzione sono perciò principi strutturali, e un evoluzionismo non strutturalista non ha e non può avere carattere scientifico. Così non ha sostanzialmente carattere scientifico l'evoluzionismo Spenceriano, né, nonostante l'acutezza di alcuni concetti, quello di Bergson.
Oggi lo sviluppo scientifico in linguistica e in biologia ci ha dato le chiavi per una riimpostazione su basi più razionali dell'intero problema. Questo saggio tenta di indicare una via in questa direzione, il lavoro resta in larga parte da fare.

G. F.

BIBLIOGRAFIA

Per il carattere interdisciplinare e generale del saggio, una bibliografia esauriente sarebbe troppo estesa, e una selezione arbitraria è poco utile. Per la comodità del lettore, si elencano recenti edizioni italiane dei classici citati, qualche opera di rassegna e saggio su argomenti correlati a alcuni aspetti di quanto è stato esposto.

CHARLES DARWIN, *L'origine della specie*, Introduzione di Giuseppe Montalenti, traduzione di Luciana Fratini, Boringhieri, Torino, 1967.

FERDINAND DE SAUSSURE, *Corso di linguistica generale*, Introduzione, traduzione e commento di Tullio de Mauro, Laterza, Bari, 1967.

LOUIS HJELMSLEV, *I fondamenti della teoria del linguaggio*, Introduzione e traduzione di G. C. Lepschy, Einaudi, Torino, 1968.

G. C. LEPSCHY, *La linguistica strutturale*, Einaudi, Torino, 1966.

J. D. WATSON, *Molecular biology of the gene*, 3rd edition, Benjamin, 1976.

C. D. DARLINGTON and K. MATHER, *The elements of genetics*, G. Allen and Unwin, London, 1969.

C. D. DARLINGTON, *Evolution of genetic systems*, Oliver and Boyd, London, 1958.

TH. DOBZHANSKY, *Evolution, genetics and man*, John Wiley and Sons, New York and London, 1955.

M. AGENO, *Punti di contatto fra fisica e biologia*, Acc. Naz. dei Lincei, Quaderno 174, Roma, 1972.

Structure and Evolution in Language and in Living Beings

GUIDO FORTI
Ispra, Varese

The purpose of this article is to illustrate an analogy. The exercise of constructing analogies between different systems is always possible and runs the risk of becoming futile if it becomes merely a game of gratuitous ingeniosity. It is justified when it is possible to show that the analogy actually illuminates the roots of things and provides us with a key for understanding more fully fields that are related in their structural substance.

That this is true for the sciences of life and language would seem beyond doubt, and any doubt in the reader's mind must be due to inadequacies in the explanation. I hope that this will at least provide a stimulus for someone to rethink out by himself all the issues that can only be touched upon in a short article like this. A complete illustration would require a large volume and even then I am doubtful whether I should be clearer and more convincing or the reader patient enough to follow me. This article has been written for the general, educated reader as well as for the specialist in biology or linguistics. The latter will, I am sure, excuse me if some parts of the explanation are found to be too obvious and unnecessary and, needs must, a little inaccurate. I trust that they themselves will fill in the gaps and that they will not find too many errors of substance in the illustration of the data acquisitions of the two sciences.

SPECIES AND LANGUAGES - I

Biological species and human languages are both abstract concepts relating to complex evolving structures.

In biology it took the genius of Darwin to realise this exactly; in the case of languages this was partly more apparent, but only partly, as we shall see.

For instance, no one has obviously ever doubted that Italian and the other Romance languages 'derive' from Latin, while the idea of the descent of man from the ape caused a scandal. I can even hear the biologists' objections: homo sapiens does not 'derive' from the ape (and then from which ape?). Well it is equally untrue that the Romance languages derive from Latin, if by Latin we mean the language studied at school as belonging to Cicero. This is the first point in the analogy: in both cases a process of structural evolution is at work and the general principles of the 'derivation' and 'kinship' of languages and species have much in common.

In the case of languages the derivations and kinships and, in general, the historical nature of linguistic structures are more immediately apparent and easier to grasp as linguistic expression is produced by us directly at conscious level. Indeed a thought may be said to be fully conscious when it is associated with a linguistic expression. (This is the meaning of the Crocian identity of intuition and expression). I should not like to be misunderstood here: the workings and mechanism of linguistic structures are mostly unconscious and only today is it becoming possible, by means of a hard scientific effort, to analyse them. What I wish to say is that 'consciousness', i.e.

the conscious layer of our psyche, is a structure that is similar, if not actually identical, to linguistic structure, which at least forms an essential part of it. That 'consciousness' is a structure and not a mysterious entity is a statement that ought not to surprise any biologist, who certainly knows that it is a structured function that in turn depends on underlying structures and ultimately on the biological structure of the human species. And even were this link, of which we still know practically nothing except for a few cerebral localizations, to be deliberately ignored, one could perhaps reject all of psychoanalysis except for the basic scientific need to analyse the conscious layer of the mind as a structure conditioned by other deeper structures.

After this brief digression let us return to our analogy in order to grasp its underlying meaning and develop it further. To make an analogy between biological species and natural languages thus means extending the basic correlated concepts of structure and evolution and trying to grasp the essential characteristics which are common, and not merely by chance, to the two fields of application.

I have called species and language two abstract concepts referring to evolving structures. This does not mean that the concept of species loses its significance with the advent of the theory of evolution. To speak of species today is tantamount to referring to all the organisms that share a common genetical heritage. The latter is not an abstract collection of characters for the very reason that it is common to all, i.e. all the organisms in the species communicate with each other genetically; they all, at least in theory, contribute to the evolution of the genetical heritage by virtue of the property of interfertility on which the definition of species is based.

Likewise, the concept of language relates to all the individuals who, at least potentially, communicate with each other by means of language. Language is precisely the heritage of linguistic structures that, on the one hand, allows this communication to take place and, on the other, actually evolves as a function of the current use being made of this heritage by the individuals sharing it. The analogy is not a perfect one as language is less well defined than species. This is so because the possibility of communication between different language areas is not so rigorously delimited as in the case of species and a certain degree of communication is possible over wider areas; it is not, in other words, like species where interfertility either exists or it does not. In the case of language it is a matter of degree; an educated Italian, for instance, can always get by in communicating with a Spaniard by means of language. However, this is not an essential difference and, if concrete reality is carefully analysed, also interfertility is subject to different degrees (e.g. one might wonder whether a St Bernard and a Chihuahua are truly interfertile).

FROM LINGUISTICS TO BIOLOGY - II

In order to develop the analogy in its more significant details I shall start off from the concepts of linguistics and correlate them with those of biology. There are two reasons for doing this. Firstly, the concepts of biology, linked as they are with a rigorous tradition of experimental research, are clearer and less ambiguous and can be referred to simply, omitting all those distinctions that would theoretically be necessary because the reader who has kept abreast of developments in the field can fill in the details without any misunderstanding arising. Then again, the concepts of linguistics are more general as it is precisely the elusive nature of the subject that has compelled linguists to carry out a greater critical appreciation of the methodological problems and to define the concepts more accurately.

This is also due to the different historical development of the two sciences, of which some mention must be made.

More or less at the same time as Cuvier was

laying the foundations of modern comparative zoology and palaeontology without, however, going beyond the fixed species concept, the comparative linguists, and I shall cite only Bopp and Schleicher, were doing something similar in the field of Indo-European linguistics. As they were not bound to fixed species concepts by any ideological reasons, the linguists (to oversimplify the matter) committed the opposite error; they set out somewhat acritically to construct the 'original' Indo-European, the mother of all Indo-European languages. A greater critical sense in linguistics came from the more careful and detailed work of the Romanists, i.e. those who dealt specifically with the neo-Latin languages, as well as from linguistic fieldwork carried out on the various dialects.

Towards the end of the nineteenth century de Saussure published his famous *Mémoire sur les voyelles* which many hold to be the masterpiece of Indo-European linguistics. Without going into detail, it is sufficient to say that for the first time a really satisfactory reconstruction of the Indo-European vowel system had been achieved. The key to this reconstruction was the consideration of a new vowel, later called šva, neither the phonic nor the articulatory nature of which was specified, but which was defined merely in terms of its systematic relations of distinction and opposition with the other vowels and the existence of which was evidenced by the different results this phoneme gave in the various recorded Indo-European languages.
The effort of abstraction needed to attain this synthesis led Saussure to make a critical reappraisal of the nature and methodology of his science. Virtually abandoning all research on specific issues, Saussure concentrated all his intellectual energy on an attempt to find a critical definition of the nature of language and of linguistics. The provisional and still fluctuating outcome of this effort was illustrated by him in three years of university courses (the last one was in 1910-1911) at Geneva, later collected into a volume by his students under the title of *Cours de linguistique générale* (*1916*). Despite its incomplete and often equivocal nature, as it was reconstructed from students' notes and fragmentary jottings of the author, it is a work whose theoretical and historical importance for contemporary scientific thought is comparable only to that of Darwin's *Origin of Species*, or the more or less contemporary work of Einstein, Freud, Wittgenstein, of the 'critics of the foundations' of mathematics (this is a more collective work, but let us cite at least Frege, Russel, Hilbert and Gödel).
The homogenization and the critical reappraisal of the contribution of these 'founding fathers' of modern scientific thinking have still largely to be done, but it is an essential task of culture which can only be forgone at the risk of giving up all idea of achieving a scientific outlook on the world. How much still remains to be done is demonstrated by the fact that in Italy, and not only in Italy, many 'educated' people have never heard of Saussure or Wittgenstein, let alone Gödel.
To come back to the subject, it is beyond our scope here even to outline roughly the content of Saussure's *Cours*, let alone the later developments in structural linguistics. I shall merely endeavour to illustrate Saussure's main ideas by means of the analogy with biology.

LANGUE AND PAROLE - GENOTYPE AND PHENOTYPE - III

Saussure makes an initial basic distinction between 'langue' and 'parole'. The analogy in biology, although an imperfect one, is the distinction between genotype and phenotype. 'Parole' is the concrete act of an individual expressing himself linguistically; 'langue' is the patrimony of common linguistic structures that make the act of 'parole' possible as an actual means of communication between individuals. Saussure insists on the fact that 'langue' is not a mere abstraction but a structure

that actually and materially exists in the individual's brain. 'Langue' is not exactly the same in each individual just as no two organisms in the same species have the same genotype. There exists concretely, however, a common patrimony that, in both language and species, is not an abstract collection but a functional structure which is maintained both stable and in continual evolution by communication, which is genetical in the species and linguistic in the language. Every act of parole is both the expression and confirmation of linguistic structure and a new and original combination giving a further impulse to the language's evolution, just as all mating (or any other form of genetic communication, e.g. transduction, the phylogenetic importance of which, besides its use for the purposes of research, is beginning to emerge) is both an essential expression of the functional structure of the organism and an innovative evolutionary event.

SYNCHRONY AND DIACHRONY - IV

A second basic distinction made by Saussure is methodological in nature, i.e. the distinction between the synchronic and diachronic study of language. A language is a functional structure forming a 'system' just like a biological organism. A language may be studied from the synchronic standpoint, i.e. the structure may be analysed as a system actually given in the practice of those speaking the language quite apart from its evolution or, vice versa, diachronically, i.e. by seeking out its phylogenetic roots and relationships and the principles governing its evolution. The confusion between the two points of view is infortunate, as a functional system is fully analysed and understood only when it is possible to specify the structure of its various parts and the reciprocal relations between its elements in their concrete functioning, the characteristic of which is precisely that of being autonomous and independent of its historical origin. The biologist is well aware that evolutionary arguments are no use in giving a concrete description of the physiology of a single species and that, vice versa, functional physiology is of very little value as a guide to phylogenetic reconstruction. The methodological error of the confusion between synchrony and diachrony was perhaps more serious in linguistics but, also in biology, how many false arguments and how much inconclusive reasoning of a finalistic type have been reintroduced, disguised as the theory of evolution? Apart from its methodological significance, the distinction between synchrony and diachrony has a fundamental importance as its underlying reason is to be found in a similar basic characteristic shared by linguistic and biological systems. This characteristic consists of the fact that in both fields evolution occurs through 'random mutations', i.e. the dynamics of the change cannot be traced back to the systematic nature of the structure. In the field of living systems mutations are known to be random and only natural selection continually re-establishes the systematic nature of the organism. Also the mainspring of linguistic evolution is independent of the systematic nature of the language as a whole. Indeed, linguistic 'mutation' is first and foremost, but not exclusively, a purely phonetic mutation that is quite independent of the semantic function of language.

THE NATURE OF THE LINGUISTIC SIGN - V

This brings us to the cardinal principle of the whole of modern structural linguistics, the principle of the arbitrariness of the linguistic sign. A digression into the nature of the linguistic sign is necessary to illustrate its content more fully. Language is an organic system of signs, i.e. of 'semantic' correspondences between '*signifié*' and '*signifiant*'. However, its nature must be carefully considered. Linguistic sign is not something that makes pre-existing elements in the field of '*signifiés*' and '*signifiants*' correspond mechanically. By means of the

linguistic sign the field of human experience on the one hand and the field of phonic utterances on the other are articulated simultaneously in a systematic complex. There is nothing distinct before the existence of language that corresponds to the linguistic signs 'chair' or 'hope'. There is only a continuum of possible phonic utterances on the one hand and the experience of social life on the other. By means of the linguistic sign the total of possible phonations is divided up into distinct successive elements, i.e. the 'phonemes' that we consider to be pertinent to the structure of language and which make up a system of linguistic 'values' which are defined in terms of their reciprocal oppositions and distinctions. It does not matter whether I pronounce an 'r', for instance, in the French, Italian or my own special way, provided that it is perceived as an 'r' element and distinct, that is, from an 'l'. (In Chinese and Japanese no distinction is made between these two phonemes, or rather it is not considered pertinent). The phonemes in the structure of the language take on a 'value' partly through their oppositions, or their paradigmatic relations as they are called (o is o because it is different from 'e' and 'a') and partly through their collocation in a certain sequence in a 'text', i.e. through their syntagmatic relations. There is no element of meaning that corresponds to the phonemes as such. Corresponding to the first elements of meaning are simple elementary phoneme sequences (occasionally in the form of a single phoneme or even no phoneme at all but a pause), i.e. the 'morphemes'. (The latter are basically words, but also suffixes, prefixes, etc., i.e. already significant elements. The word is in any case an ambiguous concept that is hard to define rigorously by means of a scientific operation of dividing up the phonemic chain and only seems obvious to us because of our habit of writing). Again, the morphemes acquire their linguistic value also partly through their paradigmatic oppositions (dog differs from log) and partly through their syntagmatic relations in the context of concrete linguistic expression.

An enormous amount of work has been done by linguists in the field of scientific analysis on the phonetic side of language, i.e. in the field of *signifiants*, while the correlated field of *signifiés* is still comparatively unexplored. The Prague 'phonological' school (Trubeckoi *et al.*) has made a fairly complete analysis of the phoneme systems used in all the natural languages and has succeeded in defining an overall paradigm for all the phonemes classified on the basis of a very small number of abstract 'characters' the combination of which gives rise to all possible phonemes.

It lies outside our scope to mention other important developments in the new structural linguistics. Something must be said, however, about the great Danish linguist Hjelmslev, the founder of 'glossematics'. He suggested carrying out what was, in a certain sense, a parallel operation of segmentation and analysis in underlying abstract elements in the semantic field, i.e. of the *signifiés*. That is, this would mean reconstructing the abstract system of elementary *signifiés* and the mechanism of the paradigmatic oppositions and syntagmatic connections, in a similar fashion to the work done in the field of *signifiants*. In particular, Hjelmslev thought it was possible to detect a limited number of abstract 'characters' similar to the abstract 'characters' of the phonemes, which lacked direct linguistic expression and whose combination could give rise to the equivalents of 'phonemes' in the semantic field.

I personally do not believe that this approach can lead to any successful results, for reasons that would be too long to explain here, but basically because Hjelmslev's too rigorously 'synchronic' attitude completely ignores history. While this may be justified in the field of the 'signifiants' where the roots can ultimately be found in the definite biological structure of the human species, it cannot be in the field of the 'signifiés' which cannot be reconstructed

as biological or sociological archetypes independent of concrete historical reality. Hjelmslev's approach is nevertheless an important and interesting one as it clarifies and emphasizes the global approach of structural linguistics whose general philosophic significance had not been fully grasped and was in danger of being lost in the over-esoteric works of linguistic specialists. It is basically a matter of fully understanding the nature of linguistic sign as an arbitrary relationship between two structures that are generated by the same semantic operation of language, segmenting and correlating the two fields of phonation and of the human experience which are thereby transformed into the field of signifiants and of signifiés.

Hjelmslev insisted perhaps too systematically on the symmetry of the two fields and claimed that everything could be obtained by deduction. It would be as though a biologist claimed that all the possible functions of a living organism could be deduced quite abstractly starting off from the general concept of living being and its possible relationships with the environment. The environment of language is society and history, just as the environment of life is the planet's ecological system. These environments are modified so deeply and in such a profoundly historical way by the process of the life phenomenon on the one hand and by the language phenomenon on the other, that any purely *a priori* approach is quite illusory.

Let us return to our analogy before defining more accurately what is meant by sign arbitrariness. The equivalent of the field of signifiés in biology is the field of organic functions, and of the signifiants that of genetic structures. The equivalent of the phoneme is the triplet of DNA bases, the codon, (the single base corresponds rather to the abstract character making up the phoneme) and the amino acid specified by the latter, while the equivalent of the morpheme is the sequence of bases codifying for a protein, and the protein itself in the field of the signifiés, i.e. the first unit having functional meaning owing to its enzymatic activity and the other structural characteristics relating to its function. It is obvious that any organic function requires an organised and controlled set of enzymatic mechanisms just as the functionality of a concrete expression, of a sentence, requires a sequence of words (or rather, morphemes) that are correlated in a complex syntagmatic structure.

SIGN ARBITRARINESS - VI

This brings us to sign arbitrariness as such. It is a fundamental characteristic of language that there is not necessarily any relationship between signifiant and signifié, e.g between phonemes comprising a morpheme and the corresponding meaning. An attempt could be made (and actually was before these concepts had been clarified) to express this arbitrariness by saying that the linguistic sign is conventional. However, this terminology would be incorrect and misleading as the sign relationship was certainly not set up by convention but developed historically in a way that could be called 'organic' on the one hand and besides, what is even more important, the word convention suggests that quite apart from the existence of the linguistic sign the signifié and the signifiant exist as separate and delimited entities, which is not true.

A few positivist linguists with mechanistic tendencies attempted to explain the origin of language by onomatopoeia, i.e. the vocal imitation of sounds related to meaning, but this thesis has certainly not received any scientific confirmation. Most of the onomatopeia in language today has been found to be more apparent than real when studied in its linguistic evolution and even words thought to be onomatopoeic like bow-wow and mew for dogs and cats are so arbitrary as to not be recognised by persons from other linguistic areas.

Something similar happened to the hypothesis of the birth of language from interjections, i.e. from spontaneous physiolo-

gical reactions leading to the uttering of sounds which were thereby related to the meanings. Comparative analysis has shown that also interjections vary widely from one linguistic area to another and many of them are derivations from more obviously 'sign' morphemes by contraction. However, the most important point is that, even if some of these mechanistic hypotheses were true from the standpoint of the historical genesis of language, as regards the synchrony of the present functioning of language as a structure, any such derivation would only be of quite marginal importance in actual, concrete fact, and it can truly be said that human language exists when the sign function is arbitrary.

It might be thought that the concept of arbitrariness could be explained better by means of the term 'symbolic', and indeed any symbol is based on a relationship between signifié and signifiant. However, the term symbol is ambiguous as various types of symbol exist and not all of them have this feature of arbitrariness. For this reason the term 'sign' is preferred in linguistics and it is specified that linguistic sign is arbitrary.

Arbitrariness is not restricted to the phonemic constitution of morphemes alone, but is extended to the whole of linguistic structure. No direct or necessary reason has been found whereby certain meanings must be expressed by means of certain structural characteristics rather than others. Thus some languages have no verb tenses or moods but do have other characterizations such as gender inflections. Of course, this does not mean that the peoples speaking them have no notion of time; it is just that they split the concepts up in different ways. (This example is purely by way of explanation and would probably horrify a modern linguist, who would not even accept the terminology).

Let us now look at the analogy in biology. We now know that there is no direct chemical relation between the triplet of bases composing a codon and the corresponding amino acid and, at least in principle, the genetic code is quite arbitrary in that, by changing the tRNAs acting as adaptors it would be possible to change the code without changing the basic nature of the genetic coding. In fact there are cases in which the interpretation of the code is changed (see the streptomycin action mechanism worked out by Gorini) and others in which this alteration is actually necessary for the organism's survival (streptomycin-dependent bacteria). Even here, some biologists have speculated about a possible original relationship betwcen codon and amino acid, but these speculations carry little scientific weight. The crux of the matter also here consists not in trying to understand how the code developed but in the observation that 'synchronically' speaking no such relationship exists in the organisms that we know and, from the standpoint of concrete functioning, the code is arbitrary in the sense of linguistic theory.

Nor does the arbitrariness of biological systems stop here. Also the amino acid sequence composing a protein having a certain enzymatic function is largely arbitrary and the sequence of analogous proteins in evolutionary similar organisms differ, even considerably, as the degree of 'kinship' becomes less close. The protein obviously has to carry out its function but this can be achieved in various ways. Its functions include also its chain of controls and, here too, what is important is not the concrete chemical architecture whereby the controls are carried out, but the characteristic control reactions between proteins, so that the arbitrariness is still much more extensive than might be expected. By changing correlatively the sequences of the other proteins involved in the control it would theoretically be possible to change an amino acid sequence almost entirely without appreciably altering the corresponding function. All this is quite analogous to what happens in language and, as will be seen more exactly, is by no means a coincidence. It must be made quite clear what we mean by arbitrariness. A given sequence of

amino acids and thus of bases is not arbitrary in the sense that to change even a single element is completely immaterial; even the replacement of only one amino acid can alter the efficiency of the function considerably, although by virtue of the overall structure of the biological system and not through a direct link between code and function. Thus changing a single letter (phoneme) in a context can radically alter the meaning of a word and of a whole sentence, but this is due to the systematic nature of each given linguistic structure and does not affect the radically arbitrary nature of the linguistic sign in general. In other words, language is a structure of relations in the field of significants and a structure of relations in the field of signifiés which are largely independent of one another but are correlated by the sign relationship generating them and which basically maps the two structures on one another. (This definition, which makes use of mathematical concepts, is to be understood metaphorically as it lays no claim to being absolutely rigorous). Likewise a biological organism is a whole composed of a genetic structure and a functional structure which are largely independent of one another and linked by the transcription-translation mechanism (and by that of replication-reproduction). The elements in both structures are arbitrary just as the law of correspondence is arbitrary; what is not arbitrary is the overall structure that must achieve the 'mapping' with great efficiency and uniformity. Just how valid this structuralist conception of a biological organism is can be seen from the success obtained in constructing fairly detailed genetic maps of organisms long before the molecular nature of the genes were known or the functional basis of the corresponding somatic characters, i.e. the signifiants and the signifiés in our analogy.

THE IMPORTANCE OF ARBITRARINESS - VII

Let us now see why the character of arbitrariness is of such primary importance in both language and life. It is precisely because of arbitrariness that a Darwinian type evolution through 'random mutations' and 'natural selection' is possible in the two fields of our analogy. This essential point has already been outlined, but the time has come now to clarify it. If the link between signifiants and signifiés, between genetic structure and organic functions were not arbitrary in the sense explained earlier, even 'random' mutations would only allow a structure to evolve within a very narrow range of predetermined possibilities, as the deterministic link between signifiant structure and signifié would always have to be maintained. There would thus be a mechano-deterministic type of evolution and not an open evolution of a historical nature such as that of life on the one hand and of culture, which has its roots in language, on the other. It is owing to this arbitrariness that history, both of life and of language, is always radically innovative and creative and we are faced with the apparent paradox that the scientific analysis of evolution, although providing, at least potentially, an exhaustive explanation of past evolution, gives us not decisive or binding indication regarding the course of future evolution. The key to the solution of this paradox, without renouncing the scientific conception of the world, lies precisely in this principle of sign arbitrariness.

REDUNDANCY - VIII

It is also clear that evolution by random mutations and selection is possible only by virtue of another essential feature of linguistic and biological structures, i.e. redundancy.

If all the elements of a system were strictly necessary to its functioning, practically no mutation could withstand the pressure of selection. Purely for the sake of example, let us take a brief and approximate example from the linguistic field. The evolution of the declension system in Latin towards the quite different system used in Romance

languages without any interruption in the reciprocal understanding between the speakers was due to the redundancy of Latin, the latter being redistributed. Thus, in Latin there was an element of redundancy in the free word order of the sentence which has been partly or almost wholly abandoned in French where, as a result of phonetic mutations which have almost entirely destroyed the inflections as far as words are concerned, the word order becomes more rigid and all the elements of the sentence must be expressed. This is less true in Italian where the inflected endings have been preserved to a greater extent. The redundant use of the demonstrative has given rise to the definite article, and that of the numeral has produced the indefinite article, and so on.
The importance of redundancy in biological systems is very great. The most obvious case of redundancy is diploidy (and polyploidy) and anyone who knows anything about biology has no need to be reminded of the evolutionary importance of the sexual reproduction mechanism by means of segregation in meiosis which, from this standpoint could be called a mechanism of dynamic control of redundancy. But, again at gene level, there is also genetic amplification which is another redundancy phenomenon. Redundancy exists in the species as a system, in the number of individuals, and ethologists have now begun to clarify the instinctual mechanisms governing this redundancy. That is, a too narrowly Malthusian conception of a certain simplistic Darwinism is being superseded and there is growing realisation that natural selection not only acts directly in governing this redundancy through the direct elimination of excess individuals but mainly in an indirect fashion through the mechanisms governing fertility.
Redundancy exists in the life-span and maturation of each individual and, from this point of view, even death itself can be considered as a mechanism governing redundancy under genetic control. Survival beyond the term of fertile life is an example of redundancy, and this redundancy is exploited by evolution for the transmission of behaviour modules and for the development of complex social structures in the higher animals.
Numerous other vitally important examples could be given, but what must be stressed is the general importance of the concept of redundancy in biology and that many essential problems in biological research can be unified conceptually as a problem of redundancy control mechanisms.

ARBITRARINESS, REDUNDANCY AND TRANSCENDENCE - IX

Sign arbitrariness and redundancy are thus the bases of the evolutionary process of organic structures. I shall deliberately avoid using the term 'mechanism' precisely because it is not a mechanism. Arbitrariness and redundancy reveal more clearly the nature of the evolutionary process which I think can be better indicated by the word 'transcendence'.
Starting off from an existing structure, precisely because the correspondence between signifiant structure and signifié structure is arbitrary and the mutations are 'random', i.e. alien to the systematic nature of the structure considered synchronically, the result is not predictable and is always synthetic and innovatory; it transcends the existing structure. Natural selection comes into play only to eliminate non-functional, and therefore non-systematic results, thereby guaranteeing the systematic nature of the structure being produced, without however rigidly restricting its possible developments. Selection must be considered as acting through the pressure of the environment, but the environment is not immutable and, in the long run, it too is modified by the mutations and by the new functional systems deriving from the process of evolution to such an extent that the whole ecosystem (in biology) and the cultural environment (in linguistics) are involved in the evolution and take over its transcendent character (in the sense specified).

SCIENTIFIC CONCEPT OF EVOLVING ORGANIC STRUCTURE - X

It is thus apparent how our analogy has led to a new synthetic concept (it is perhaps too reductive to call it a concept as it is rather a structure of concepts), i.e. that of an evolving organic structure. It is formed by the interaction of two symmetrical structures, that of the signifiés and that of the signifiants, which are linked by the sign mapping relationship on which they are based and whose essential characters are arbitrariness and redundancy. The dynamics of these structures is found to be open, innovatory and transcendent. This new concept which emerges from a scientific analysis of the phenomena of life and language is seen to contain an extraneous element that cannot be reduced to the old-fashioned mechanicism of the origins of modern science, but is nevertheless rigorously scientific. It makes no appeal to mystical entities such as 'the vital principle' or 'the spirit of language or culture' but is based on a rigorous analysis of the structural principles that can be observed concretely in the field of the respective sciences, without there being any need, indeed excluding it outright, for the elements of the two structures to differ in nature. The DNA bases are portions of molecules like the amino acids forming the proteins and are governed by the same physico-chemical principles. Thus phonemes and morphemes on the one hand and 'sememes' and 'morphosememes' on the other (the terminology is a little arbitrary but I trust that I shall be understand just the same) are 'psychic' structures the material (chemical or electrical) constitution of which is as yet unknown to us, although we have no reason to suppose that it is of a different nature while we have every reason to suppose that it is based on biological structures which, although certainly very complex, can be related back to the same principles. The transcendence of the evolutionary process is thus a structural property that can be dealt with perfectly well in terms of scientific analysis. This property distinguishes 'organic' processes from mechanical processes and leads to a dynamics which is historical in nature and not deterministic. It is also obvious why I have used the adjective 'historical'. The structure of human society is a structure of material production and biological reproduction on the one hand and of psychological relations and structures of power and domination on the other. Its evolution is history. Language is an essential element in this structure. The general principles of our analysis, the arbitrary nature of the relationship between the two structures, the redundancy and transcendence of evolutionary development can be applied also in this case.

When, with Hegel, attention was concentrated more sharply on the scientific reflection of history, the process of historical development was spoken of as a dialectical process in opposition to the deterministico-mechanistic processes. If preference is given here to the term transcendence rather than dialectics, it is because the concept of dialectical synthesis, while grasping the innovatory and creative aspects of the process does not in actual fact justify them. It lacks scientificalness inasmuch as it is based on an idealism that is basically rhetorical. That of Hegel, at least when he sets out to apply it to natural phenomena, is not actually dialectical but rhetorical. The most obvious proof of this is that Hegel was completely incapable of justifying and even of understanding the method of the so-called empirical sciences which, at the time, constituted scientific method *tout-court*.

With the reversal of Hegelian dialectics from idealism to materialism in Marx's work, this limitation of Hegel's has been pointed out but not completely done away with. While historical materialism can be considered a scientific doctrine, whatever the objections that can be made against it, as it is based on a structural analysis of social systems and their development, the same cannot be said about dialectical materialism. The nature of the dialectical

process is in no way clarified by the work of Engels which shares the same verbalism as the Hegelian idea of dialectics. It is even too well known that Engels' scientifico-rhetorical inventions rival those of Hegel himself. It is also common knowledge that Marx and Engels enthusiastically greeted the appearance of Darwin's theory of evolution but their understanding of it was restricted to the 'ideological' principle of evolution and neglected the basic scientific contents of Darwinism. The (reciprocal) misunderstanding between Marx and Darwin was complete.

The continuity between inorganic, organic and historical development is an indispensable requirement for any historical materialism and thus, as both historical and biological evolution (and also physical evolution) is not an evolution of matter but of structures, a scientific theory of evolution must be based on an analysis of the structures and of their characteristic properties. The principles of evolution are thus structural principles and a non-structural evolutionism has not, and could not have, any scientific character. Thus Spencerian evolutionism basically has no scientific character nor, in spite of the penetrating nature of a few concepts, has that of Bergson. The scientific development of linguistics and biology has now provided us with the means to attempt another approach to the entire problem on a more rational basis. This article endeavours to point out a path leading in this direction but most of the work still remains to be done.

G. F.

Translation: I. McGILVRAY - ROMA

BIBLIOGRAPHY

Because of the general interdisciplinary nature of this essay an exhaustive reference list would be too burdensome, and any selection would appear to be arbitrary.
For the reader's commodity, reference editions of the classic works quoted are listed, together with general textbooks on matters related to be subject.

CHARLES DARWIN, *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*, 6th ed., Murray, London, 1872 (1st ed. 1859).

FERDINAND DE SAUSSURE, *Cours de linguistique générale*, 6th ed., Payot, Paris, 1962 (1st ed. 1916).

LOUIS HJELMSLEV, *Prolegomena to a Theory of Languages*, University of Wisconsin Press, Madison, 1961, (1st danish ed. 1943).

J. D. WATSON, *Molecular biology of the gene*, 3rd edition, Benjamin, 1976.

C. D. DARLINGTON and K. MATHER, *The elements of genetics*, G. Allen and Unwin, London, 1969.

C. D. DARLINGTON, *Evolution of genetic systems*, Oliver and Boyd, London, 1958.

TH. DOBZHANSKY, *Evolution, genetics and man*, John Wiley and Sons, New York and London, 1955.

JUST PUBLISHED

INDEX GENERALIS 1907-1975

to

SCIENTIA

International Review of Scientific Synthesis

Presented by Professor Giuseppe Montalenti of the Institute of Genetics, Faculty of Sciences, University of Rome.

The Index Generalis consists of a volume of 100 pages. It catalogues more than 3,500 contributions by scientists from the world over published by Scientia over a period of 70 years; it is virtually a history of scientific thought from the beginning of the century up the present time.

The rules adopted in drawing up the Index are explained in a Legend at the beginning of the work.

Data processing was carried out by the CNUCE, Institute of the CNR.

Price of the volume: Europe Lit. 2.500, other Countries $3.50

Orders can be applied to:

SCIENTIA - Edizioni speciali - Via Guastalla 9 - 20122 Milano

Uncertainty and Metric Structure

EVERT J. POST
University of Houston, Texas

I INTRODUCTION

Had all objects been malleable without constant form, man hardly would have conceived of a metric related geometry and a metric related physics. Instead, he might have developed a 'geometry' of mutual position and corresponding shapes of objects. Such geometry based on a reduced set of premises is presently known under the encompassing name of topology; more descriptively it is also referred to as rubber geometry.

Physics without a solid basis in a metric geometry becomes a much more restricted discipline. In fact one might well ask: is there any quantitative physics left without an absolute distance and time scale? The question really means: do any nonmetric physical units exist that still leave a basis for a quantitative physical inquiry?

The presented questions may at first appear as a bad science fiction dream to the physicist well versed in the contemporary quantitative approach, which as it seems can not possibly escape its basis in metric geometry. It is this quantitative approach that has lifted physics out of the ancient and medieval past of vague unchecked speculation into the realm of solid knowledge based on measurement and observation. What would be the use of stepping back into the medieval past of imprecision?

After the recovery from this initial shock of having to face the prospect of a metric independent physics one soon realizes that physics has already anticipated a measure of metric imprecision, more than half a century ago, with the birth of quantum mechanics. Contemporary physics operates on the basis of this controlled imprecision or uncertainty and it does that in conjunction with a metric related geometry. The quantum mechanical uncertainty is not an argument *per sé* against a metric related geometry, it rather shows certain limitations of metric pronouncements in the realm of physics. In fact the uncertainty relation, as it exists, can only be formulated on the basis of metric related concepts. (Note that the standard integral definitions of uncertainty as the root-mean-square deviation from an expectation value are not metric independent). Even if quantum mechanics takes the edge off unwarranted speculation con-

cerning unlimited metric precision of certain physical measurements, the fact remains that the existence of an absolute metric, be it spatial or in a space-time sense, is in essence an asymptotic extrapolation of what is believed to be the result of perception. Today we have to make allowances for the idea that an absolute reference for distance and time may well be a fiction because improved experimental techniques show that in fact all materials are indeed malleable and all clocks including the atomic clocks do exhibit some mutual drifts. Present attempts at verifying a possible mutual drift of different types of atomic and nuclear resonances can shed some light on the possible existence of absolute units in physics. Measurements of this kind may tell us at some time in the future whether or not physics for sure has any nonmetric units that are independent of position and time.

In the spirit of these considerations and in anticipation of the question whether or not metric independent units are possible it may be useful to reexamine some earlier studies (prequantum mechanical) on metric independent law statements. These studies emerged in the early twenties as a by-product of the general theory of relativity. The general theory of relativity itself is, of course, exempted from such metric independent considerations, because that theory seeks to establish a relation between metric structure and the presence of matter. Yet it is the mathematical formalism of an invariant space-time calculus, on which this theory rests, that has prompted questions of metric independence in other areas of physics, specifically electromagnetism.

II HISTORIC OVERVIEW

The initial covariant reformulation of the laws of electromagnetism was given by Einstein[1]. The covariant form chosen by Einstein was the earlier Minkowski form in which ordinary partial derivatives are being replaced by covariant derivatives. It was then noted that the matter related Maxwell equations containing charge and current had to retain these covariant derivatives, while the equations expressing Faraday's law of induction permitted right away a reduction to partial derivatives; because the Christoffel terms cancel automatically. In other words, the generally covariant form of the Faraday induction law already conveyed a metric independent message in the original Einstein version. At the time there was no immediate inquiry into the deeper meaning of this metric independence of the Faraday induction law. The new concepts introduced by the general theory of relativity quite naturally diverted the attention away from this metric independent feature. The metric dependence of the matter related Maxwell equations also seemed at first a natural consequence of the fact that no electric charge can exist without matter, while matter clearly had a metric related connotation according to the new theory.

It soon appeared that the latter argument was not quite relevant to justify the metric dependence of the matter related Maxwell equations. A first systematic inquiry into this metric independence was made by F. Kottler[2]. He noted that also the matter related Maxwell equations could be considered as metric independent provided one absorbs a metric related factor into the definition of the field. This metric related factor is the square root of the determinant of the metric tensor $g^{\frac{1}{2}}$. At this point one could say that Kottler had made the metric dependence of the matter related Maxwell equations a latent feature. Absorbing the factor $g^{\frac{1}{2}}$ into the field definitions does not necessarily accomplish true metric independence, unless the original metric related field definition is so reduced to a metric independent field definition.

The truth of the latter proposition was independently verified by E. Cartan[3], because he showed the Maxwell law statements to be independent of any space-time linear connection. The Cartan argument thus eliminated the suspicion that Kottler's change in field definition was merely an expediency that placed the metric dependence in a latent position.

The matter of metric independence remained a relatively unknown mathematical-physical oddity until D. van Dantzig[4] several years later, again and independently, made the same observations as Kottler and Cartan before him. He went a step further by elaborating on the practical use that can be made of a metric independent formulation of the basic laws. He showed that one thus achieves a clean functional separation between the basic metric independent law statements and the constitutive properties of a medium. This point is important for the application of symmetry considerations to the constitutive relations. Van Dantzig thus revived an earlier suggestion for a space-time constitutive tensor. In matter-free space this constitutive tensor is a concomitant of the metric and is found to define an overgroup of the Lorentz group: the conformal group[5]. Hence, thanks to the functional separation between basic law statements and constitutive equations the conformal invariance of the Maxwell equations, as cited earlier by Bateman[6] and others, manifests itself as an invariance group of a metric concomitant.

The early work of Kottler, Cartan and van Dantzig was later reviewed in book form by H. G. Küssner[7] and subsequently by C. Truesdell and R. Toupin[8]. A survey of the van Dantzig procedure with applications to space-time media symmetries was given by E. J. Post[9].

Truesdell and Toupin, and a little earlier C. Misner and J. A. Wheeler[10], reemphasized the integral formulation of the basic law statements. This integral formulation, in the spirit of Cartan's original approach, paved the way for a transition from a local to a global point of view. Misner and Wheeler, in particular, stressed the topological connotations of this transition, while Truesdell and Toupin considered in more detail the role of the improper space-time transformations of parity and time reversal. In doing so the latter made a first conscientious plea to introduce electric charge, *ab initio*, as a space-time speudo scalar. The pseudo scalar features

of electric charge were, of course, already identified in particle physics through the so-called PC and TC operations. Truesdell and Toupin thus made a first attempt at giving these matters a basis in classical theory. The given survey of metric independent aspects of physics shows a growing concern with a mathematical reorganization of electromagnetic theory. So far not much of this work has spilled over into the textbook literature. The traditional aspects of relativity are, as mentioned, hardly affected by this reorganization, except that a few unnecessary covariant derivatives can be dropped. Electromagnetic theory, particularly when viewed from the global point of view is, however, a totally different matter.

The further emergence of these matters from the realm of mathematics into the realm of physics will appear to depend on whether or not it is realistic to consider the existence of metric independent physical units. A critical experimental examination of the mutual drift stability of different spectral resonances can help in guiding that aspect.

Observations of quasar spectra have already provided some preliminary evidence that the fine-structure constant may well be a constant of nature throughout the universe[11]. The implications of this evidence for the metric dependence or independence of the quanta of action h and electronic charge e have been examined in reference[5]. An unambiguous rendering of these matters relates to the fact that the MKS system of units, unlike the CGS system, recognizes electric charge as a basic independent unit. Hence at this stage one has to reconsider the validity of the traditionally subsumed equivalence of the two unit systems.

The following sections elaborate on the theoretical perspectives associated with metric independent units.

III MOTIVATION AND RATIONALE RELATED TO METRIC INDEPENDENCE

Any chance of lifting the metric independent aspect above the status of a mathematical oddity may be expected to be contingent on an uncovering of its deeper reasons. The metric limitations expressed by quantum mechanical uncertainty may be used as an appropriate half-way house with a key to an understanding of metric independent law statements, that by contrast convey a message of classical certainty. Without risking an undue involvement in quantum mechanical philosophy the following assessment would appear reasonable.

All quantum mechanical uncertainty statements relate to a conjugate pair of variables whereby at least one of the variables directly relates to a metric notion. In a mathematical sense the uncertainty relation is a local statement, say about momentum and position. Its global counterpart may be regarded as a cyclic integral that can only assume equidistant discrete values. The uncertainty when viewed from the global angle then reflects a smallest error that can occur in the evaluation of the integral.

The process so described represents a counting operation concerning 'things' enclosed by the cyclic path of that integral.
The following examples illustrate the counting aspects of familiar physical situations and their associated counting uncertainties. They are essentially KCD laws:

1. A classic case is the counting of elementary charges inside a closed surface according to Gauss' law

$$\oint \underset{\sim}{D} \,.\, d\,\underset{\sim}{S} = \Sigma\, e \quad .$$

The uncertainty in its evaluation can be formally represented by the expression

$$\Delta D \,.\, \Delta S > e \quad .$$

2. Counting flux quanta inside a closed loop

$$\oint \underset{\sim}{A} \,.\, d\,\underset{\sim}{r} = \Sigma\, h/2e \quad .$$

The uncertainty in its evaluation is

$$\Delta \underset{\sim}{A} \,.\, \Delta \underset{\sim}{r} > h/2e \quad .$$

A physical realization of this situation is contingent on ideal flux confinement as occurring in superconductors.

3. Counting action quanta 'inside' a closed loop

$$\oint \underset{\sim}{p} \,.\, d\,\underset{\sim}{r} = \Sigma\, h \quad .$$

The uncertainty in its evaluation is

$$\Delta \underset{\sim}{p} \,.\, \Delta \underset{\sim}{r} > h \quad .$$

4. Counting fringes in interferometry

$$\oint \underset{\sim}{k} \,.\, d\,\underset{\sim}{r} = 2\pi \times \text{integer} \quad .$$

The uncertainty in its evaluation is

$$\Delta \underset{\sim}{k} \,.\, \Delta \underset{\sim}{r} > 2\pi \quad .$$

Let us hasten to say that there is a world of difference in the traditional interpretations of $\Delta \underset{\sim}{r}$ as an uncertainty in particle position and $\Delta \underset{\sim}{r}$ as an uncertainty in loop position. The distinction is no cause for distress. One should consider here that a finite particle size affects the two in a different way while $\Delta \underset{\sim}{r}$ can be taken to be metric related or not metric related.
All four examples convey the central message of basic physical objects being counted. Even if it appears somehow trivial to say so: such counting operations are independent of the presence or absence of a metric structure. It is not necessary to run around with a meter stick to decide whether objects are inside or outside a given closed surface. It is necessary to stipulate though that there is no meaning in having the surface run through the domain of any given object. The object is assumed to be indivisible and is either inside or outside the closed surface.
It is a beloved textbook procedure to stress the fact that the closed

surface can be dented and stretched, the integral is not affected as long as the number of objects inside does not change. Of course, the examples 2 and 3 represent less tangible physical situations with regard to the object that is to be identified as being inside or outside a given closed loop. The rationale is different from that being used in the case of the Gaussian surface. Nevertheless the basic characteristics in the sense of permissible loop deformations remain. Even example 4 does not require meter stick manipulation if counting nodal points takes precedent over metric operations. Since there is no meaning in counting fractions of nodal points, one so obtains a vivid illustration how a refraining from metric information creates in a most natural manner a possible counting uncertainty.

It is not the purpose of these observations to convey an impression that metric related calculations can not be used in the evaluation of the given integrals. The essential point is that somehow the end result is not affected by the absence or presence of a metric structure. The latter fact means that it is now possible to call on some important results of differential topology. The deformation invariance of the integral relates to the fact that the differential form (field) so integrated is 'closed' in certain well specified domains. The nonvanishing character of the integrals means that these differential forms are not 'exact'. The discrete contributions to these integrals (called periods or residues) depend on the topology of the closed domain of integration with respect to the objects that are being enclosed versus the objects that are not enclosed.

The mathematical situation just depicted does not yet cover a counting situation. There is no law in differential topology that says that the discrete contributions to the integrals have to be identical. The identity of objects to be counted has to be regarded as an additional item of information that is solely provided by the physical nature of things. Conversely, however, the mathematical laws, if they may be assumed to apply in all rigor, do impose some perhaps unsuspected restrictions on the units relating to the physical objects that are so enumerated.

First of all the mathematical requirements so imposed demand that the periods (residues) of these integrals are topological invariants. Topological invariance is a much stronger requirement than say a metric related Lorentz invariance. The implication is that the periods are numbers or if you will, scalars that are constants throughout the manifold. This condition is obviously met in case 4, where the integers count units of 2π. Cases 1, 2 and 3 are somewhat different, here the integers count physical units such as e, $h/2e$ and h. Hence, if these counting procedures by means of residue integrals are going to have any meaning at all one has to accept the unavoidable conclusion:

The quantum of charge e *and the quantum of action* h *are topological invariants in space-time.*

It is possible, of course, that this statement is somewhat stronger than

what one would like to bargain for at this moment in time. A confirmation or refutation can only be decided one way or the other by more experimentation. For the purpose of the present discussion it will be assumed that the given statement holds.

The mathematics of residue integrals in the context of field theory has been mostly developed by G. de Rham[12]. Residue (or period) integrals are presently common notions in the literature on differential topology and differential forms. There is, however, one important aspect in which the original de Rham version differs from most later discussions.

Right from the start de Rham considers two species of differential forms: pair forms and impair forms. The distinction relates to their behaviour under orientation changes of the reference; a notion one would not like to omit in a physics-oriented discussion.

The residue of a pair form may be referred to as an absolute or pair number or equivalently if you will as an absolute scalar constant. This number is not affected by orientation changes of the reference.

The residue of an impair form is, by contrast, affected by an orientation change of the reference; it changes its sign under an orientation change. The impair residue thus corresponds to the field theoretical notion of a pseudo scalar that is a constant.

IV CONCLUSION

Contemporary physics has evolved on the subsumed *a priori* existence of an absolute metric reference. Such a metric is endowed with meaning independent of the physical objects that exist in space.

The transition from Newtonian to relativistic physics has not really affected this basic pattern, except that spatial reference and time reference were joined to form an *a priori* absolute space-time metric reference. It was the general theory of relativity that first brought a change in this long standing pattern by virtue of the fact that it made changes in metric structure contingent on the presence of matter.

The emergence of quantum mechanics initially developed on the Newtonian idea of an *a priori* spatial metric. The subsequent development of (special) relativistic quantum mechanics then replaced the Newtonian notion by an *a priori* absolute space-time metric reference. Quantum mechanics in it prerelativistic, as well as in its relativistic form, introduces, however, the concept of uncertainty. This uncertainty relates to a natural limit in specifying metric position if simultaneously information is requested concerning a conjugate physical property of an object.

From this comparision one may infer that the general theory of relativity and quantum mechanics, each in their own way, introduce an element of doubt affecting the supremacy of an absolute a priori metric reference. It is well known that the attempts at conceptually merging these two distinct positions with respect to metric interpretation have met with rather formidable difficulties.

Mindful of the lack of perspective associated with the existing avenues of approach, it was believed to be appropriate to re-examine that common premise: an absolute *a priori* metric structure. Such a re-examination can be motivated by the following epistemological observation.
The subsumed existence of an *a priori* metric structure should be regarded as a mathematical assumption that consitutes a perhaps impermissible extrapolation of physical reality. We can only know about the metric structure through the physical objects that exist in space-time. The physical meaning of metric structure is thus reduced to an in principle macroscopic notion that can only have a limited applicability in the sub-microscopic domain.

E. J. P.

BIBLIOGRAPHY

1 A. EINSTEIN, H. LORENTZ, M. MINKOWSKI, H. WEYL, *The Principle of Relativity*, A. SOMMERFELD (ed.), Dover reprint and translation of 1922 Teubner edition (see article EINSTEIN, *General Theory*).

2 F. KOTTLER, Sitzungsberichte Akademie der Wissenschaften, Wien IIa, 131 (1922), p. 119.

3 E. CARTAN, Ann. de l'École Normale Supérieure, *41* (1924), p. 1, see p. 12.

4 D. VAN DANTZIG, Proc. Cambridge Phil. Soc., *30* (1934), p. 421, Amsterdam Ac., *37* (1934), pp. 521, 526, 644, 825.

5 E. J. POST, Ann. of Phys., *71* (1972), p. 497).

6 H. BATEMAN, Proc. London Math. Soc., *8*, (1910), p. 233, and same journal E. CUNNINGHAM, p. 77.

7 H. G. KÜSSNER, *Principia Physica*, van den Hoeck and Ruprecht, Göttingen, 1946, German text.

8 C. TRUESDELL and R. A. TOUPIN, *Handbuch der Physik*, Vol. III/I, Springer, Berlin-Heidelberg, 1960; specific ref. pp. 666, 682.

9 E. J. POST, *Formal Structure of Electromagnetics*, North-Holland, Amsterdam, 1962.

10 C. MISNER, J. A. WHEELER, Ann. of Phys., *2* (1957), p. 525, also *Geometrodynamics*, J. A. WHEELER (ed.), Academic Press, New York, 1962.

11 J. N. BAHCALL, M. SCHMIDT, Phys. Rev. Letters, *19* (1967), p. 1294.

12 G. DE RHAM, *Variétés Différentiables*, Herman, Paris, 1955.

Indeterminazione e struttura metrica

EVERT J. POST
University of Houston, Texas

INTRODUZIONE - I

Se tutti gli oggetti fossero malleabili, senza forma costante, probabilmente l'uomo non avrebbe concepito una geometria di tipo metrico e una fisica di tipo metrico, ma avrebbe invece forse sviluppato una 'geometria' riguardante le posizioni mutue e le corrispondenti forme degli oggetti. Tale geometria basata su un insieme ridotto di premesse è oggi nota sotto il nome di topologia; in modo più descrittivo essa può anche essere chiamata geometria della gomma.

La fisica non basata solidamente su una geometria metrica diviene una disciplina molto più ristretta. E infatti ci si potrebbe ben chiedere se sia addirittura possibile una fisica quantitativa senza una distanza assoluta e una scala temporale assoluta. Precisamente, il problema è se sia possibile che delle unità fisiche nonmetriche stiano alla base di una ricerca fisica quantitativa.

Tali problemi possono a prima vista sembrare insensati al fisico abituato al consueto approccio quantitativo, di cui sembra necessario concepire il fondamento in una geometria metrica. Infatti è proprio questo approccio quantitativo che ha sollevato la fisica al di sopra del passato antico e medioevale delle vaghe speculazioni non verificate, portandola nel regno della solida conoscenza basata sulla misurazione e sull'osservazione. Quale sarebbe dunque l'utilità di ritornare al medioevale passato dell'imprecisione?

Appena rimessici dalla scossa iniziale di doversi confrontare con la possibilità di una fisica indipendente dalla metrica, ci si accorge però presto che la fisica ha già introdotto una misura di imprecisione metrica più di mezzo secolo fa, con la nascita della meccanica quantistica. Infatti la fisica contemporanea opera sulla base di una imprecisione o una indeterminazione controllate, e lo fa usando una geometria di tipo metrico. Ora, l'indeterminazione della meccanica quantistica non è un argomento per sé contro una geometria di tipo metrico, ma indica piuttosto certe limitazioni che si hanno nelle affermazioni metriche nel regno della fisica. Infatti la relazione di indeterminazione, come essa si presenta, può essere formulata solo sulla base di concetti di tipo metrico. (Si noti che la consueta definizione di indeterminazione come scarto quadratico medio da un valore medio non è indipendente dalla metrica). Infatti, anche se la meccanica quantistica evita affermazioni sulla illimitata precisione metrica di certe misurazioni fisiche, resta il fatto che l'esistenza di una metrica assoluta, sia spaziale sia spazio-temporale, è in essenza un'estrapolazione asintotica di quello che si crede essere il risultato della percezione. Oggi dobbiamo ammettere come concepibile l'idea che un riferimento assoluto per la distanza e il tempo sia una finzione, perché le nuove tecniche sperimentali mostrano che di fatto tutti i materiali sono malleabili,

e tutti gli orologi, compresi quelli atomici, si sfasano. Gli odierni tentativi di verificare un possibile sfasamento mutuo di diversi tipi di risonanze atomiche e nucleari possono fornire utili indicazioni sulla possibile esistenza di unità assolute in fisica; misurazioni di questo tipo potranno forse dirci in futuro se la fisica ha per certo delle unità nonmetriche che sono indipendenti dalla posizione e dal tempo.

Nello spirito di queste considerazioni e in attesa di una soluzione del problema se siano o no possibili delle unità indipendenti dalla metrica, può essere utile riesaminare alcuni dei primi studi (precedenti la meccanica quantistica) su affermazioni relative a leggi indipendenti dalla metrica. Questi studi si sono presentati nei primi anni venti in connessione con la teoria generale della relatività. Tale teoria, naturalmente, è esente da considerazioni indipendenti dalla metrica, perché cerca piuttosto di stabilire una relazione tra struttura metrica e presenza di materia. Eppure è proprio il formalismo matematico di un calcolo invariante spazio-temporale, su cui si basa questa teoria, che ha ispirato i problemi di indipendenza dalla metrica in altri campi della fisica, specificamente l'elettromagnetismo.

SCORCIO STORICO - II

La prima riformulazione covariante delle leggi dell'elettromagnetismo fu data da Einstein[1]. La forma covariante scelta da Einstein fu quella di Minkowski, in cui le consuete derivate parziali sono sostituite da derivate covarianti. Si osservò poi che le equazioni di Maxwell concernenti la materia, cioè contenenti carica e corrente, dovevano ritenere queste derivate covarianti, mentre le equazioni esprimenti la legge di induzione di Faraday ammettevano una riduzione a derivate parziali; perché i termini di Christoffel vi si cancellano automaticamente. In altre parole, la forma generalmente covariante della legge di induzione di Faraday comportava già un messaggio indipendente dalla metrica nella versione originale di Einstein. A quel tempo non vi fu nessuna ricerca immediata sul più profondo significato di questa indipendenza dalla metrica riscontrato nella legge di induzione di Faraday. Infatti i nuovi concetti introdotti dalla teoria generale della relatività ben naturalmente indirizzarono l'attenzione su altri problemi che non questo aspetto di indipendenza dalla metrica.

Inoltre, la dipendenza dalla metrica delle equazioni di Maxwell concernenti la materia sembrò alle prime una naturale conseguenza del fatto che non può esistere carica elettrica senza materia, mentre d'altra parte la materia aveva chiaramente, secondo la nuova teoria, una connotazione di tipo metrico.

Apparve ben presto che quest'ultimo argomento non era affatto rilevante per giustificare la dipendenza dalla metrica delle equazioni di Maxwell concernenti la materia. Una prima ricerca sistematica su questa indipendenza dalla metrica fu compiuta da F. Kottler[2]. Questi osservò che anche le equazioni di Maxwell concernenti la materia possono essere considerate indipendenti dalla metrica purché si riassorba un fattore dipendente dalla metrica nella definizione del campo. Questo fattore connesso alla metrica è la radice quadrata del determinante del tensore metrico, $g^{1/2}$. A questo punto si potrebbe dire che Kottler aveva reso nascosta la dipendenza dalla metrica delle equazioni di Maxwell connesse alla materia; infatti il riassorbire il fattore $g^{1/2}$ nella definizione del campo non conduce necessariamente a una vera indipendenza dalla metrica, a meno che la originale definizione del campo, connessa alla metrica, non venga a sua volta ridotta a una definizione del campo indipendente dalla metrica. La verità di quest'ultima proposizione fu indipendentemente verificata da E. Cartan[3], il quale mostrò che gli enunciati delle leggi di Maxwell sono indipendenti da ogni connessione lineare spazio-temporale. L'argomento di Cartan pertanto eliminò il sospetto che la variazione di Kottler nella definizione del campo fosse puramente un espediente che nascondeva altrove la dipendenza dalla metrica.

La questione della indipendenza dalla metrica restò una stranezza fisico-matematica relativamente ignota finché D. van Dantzig[4], diversi anni dopo, di nuovo ed indipendentemente, fece le stesse osservazioni di Kottler e Cartan. Tuttavia egli andò un passo più in là, col considerare l'uso pratico che si può fare di una formulazione indipendente dalla metrica per le leggi fondamentali. Egli mostrò infatti che in tal modo si compie una chiara separazione funzionale tra gli enunciati fondamentali di leggi, indipendenti dalla metrica, e le proprietà costitutive di un mezzo. Questo punto è importante per l'applicazione di considerazioni di simmetria alle relazioni costitutive. Così van Dantzig riprese in considerazione il precedente suggerimento di un tensore costitutivo spazio-temporale. Nello spazio, libero di materia, questo tensore costitutivo è concomitante alla metrica e si trova che esso definisce un gruppo contenente quello di Lorentz, cioè il gruppo conforme[5]. Quindi, grazie alla separazione funzionale tra enunciati di leggi fondamentali ed equazioni costitutive, l'invarianza conforme delle equazioni di Maxwell, come già osservato da Bateman[6] e altri, si manifesta come un gruppo d'invarianza di un concomitante metrico.

Il lavoro iniziale di Kottler, Cartan e van Dantzig fu poi esposto in forma di libro da H. G. Küssner[7] e successivamente da C. Truesdell e R. Toupin[8]. Una rassegna del procedimento di van Dantzig con applicazioni alle simmetrie di mezzi spazio-temporali fu data da E. J. Post[9].

Truesdell e Toupin, e poco prima C. Misner e. J. A. Wheeler[10], misero in rilievo l'interesse di una formulazione integrale degli enunciati delle leggi fondamentali. Questa formulazione integrale, nello spirito dell'approccio originale di Cartan, mise le fondamenta per una transizione da un punto di vista locale a un punto di vista globale. Misner e Wheeler, in particolare, misero in rilievo gli aspetti topologici di tale transizione, mentre Truesdell e Toupin considerarono in maggior dettaglio il ruolo delle trasformazioni improprie spazio-temporali della parità e dell'inversione temporale. In tal modo questi ultimi furono indotti a introdurre esplicitamente la carica elettrica, *ab initio*, come uno pseudo scalare spazio-temporale. Gli aspetti pseudo scalari della carica elettrica, naturalmente, erano già noti nella fisica delle particelle attraverso le cosiddette operazioni PC e TC. Così Truesdell e Toupin compirono un primo tentativo di fornire una base a questi argomenti nella teoria classica. La rassegna qui data degli aspetti della fisica indipendenti dalla metrica mostra dunque un crescente interesse per una riorganizzazione matematica della teoria elettromagnetica, sebbene ben poco di questo lavoro sia passato finora nei libri di testo sull'argomento. Come si è già detto, gli aspetti tradizionali della relatività non sono sostanzialmente toccati da questa riorganizzazione, se non per il fatto che si possono tralasciare poche non necessarie derivate covarianti. Tuttavia per la teoria elettromagnetica, specialmente se viene riguardata da un punto di vista globale, le cose stanno ben diversamente.

Un possibile futuro trasferimento di questi problemi dal regno della matematica a quello della fisica dipenderà dalla circostanza se sia realistico o meno considerare l'esistenza di unità fisiche indipendenti dalla metrica. Nello studio di questo problema può giovare un esame sperimentale critico della stabilità per sfasamento mutuo delle risonanze spettrali.

Le osservazioni degli spettri dei quasar ha già fornito alcune prove preliminari che la costante di struttura fina possa ben essere una costante di natura in tutto l'universo[11]. Le implicazioni di questa prova per la dipendenza o l'indipendenza dalla metrica del quanto d'azione h e della carica dell'elettrone e sono state esaminate nella referenza[5]. Una discussione non ambigua di questi problemi è connessa al fatto che il sistema di unità MKS, diversamente dal sistema CGS, ammette la carica elettrica come unità base indipendente. Perciò a questo stadio si deve riconsiderare la validità dell'equivalenza, tradizionalmente assunta, dei due sistemi di unità.

Nei seguenti paragrafi si discutono le pro-

spettive teoriche per delle unità indipendenti dalla metrica.

MOTIVAZIONE E FONDAMENTO DELL'INDIPENDENZA DALLA METRICA - III

Ogni possibilità di portare le considerazioni sull'indipendenza dalla metrica ad uno stato superiore a quello di una stranezza matematica può aversi solo mediante una comprensione delle sue più profonde motivazioni. Si possono usare le limitazioni espresse dall'indeterminazione quanto-meccanica come un appropriato inquadramento per comprendere gli enunciati di leggi indipendenti dalla metrica, che invece portano un messaggio di determinazione classica. Senza rischiare un'indebita introduzione nella filosofia della meccanica quantistica, le seguenti affermazioni sembrano ragionevoli. Tutti gli enunciati di indeterminazione quanto-meccanici si riferiscono a una coppia di variabili coniugate di cui almeno una è direttamente connessa a una nozione metrica. Dal punto di vista matematico la relazione di indeterminazione è un'affermazione locale, ad esempio sulla quantità di moto e la posizione. La sua controparte globale può essere considerata un integrale ciclico che può assumere soltanto valori discreti equidistanti. Dunque l'indeterminazione, se riguardata dal punto di vista globale, riflette un errore minimo che può presentarsi nel calcolo dell'integrale. Il processo così descritto rappresenta un'operazione di conteggio riguardante 'cose' racchiuse dal cammino ciclico di quell'integrale.

I seguenti esempi illustrano gli aspetti di conteggio di situazioni fisiche consuete e le loro associate indeterminazioni di conteggio.

1. Un caso classico è il conteggio di cariche elementari entro una superficie chiusa secondo la legge di Gauss

$$\oint \underset{\sim}{\mathrm{D}} \cdot d\underset{\sim}{\mathrm{S}} = \Sigma\, e \ ;$$

l'indeterminazione nella sua valutazione può essere formalmente rappresentata dall'espressione

$$\Delta \underset{\sim}{\mathrm{D}} \cdot \Delta \underset{\sim}{\mathrm{S}} \geqslant e \ .$$

2. Conteggio di quanti di flusso 'entro' un circuito chiuso

$$\oint \underset{\sim}{\mathrm{A}} \cdot d\,\underset{\sim}{\mathrm{r}} = \Sigma\, h/2\, e \ ;$$

l'indeterminazione nella sua valutazione è

$$\Delta \underset{\sim}{\mathrm{A}} \cdot \Delta \underset{\sim}{\mathrm{r}} \geqslant h/2\, e \ .$$

Una realizzazione fisica di questa situazione è legata a un confinamento ideale di flusso come si verifica nei superconduttori.

3. Conteggio di quanti d'azione 'entro' un circuito chiuso

$$\oint \underset{\sim}{\mathrm{p}} \cdot d\,\underset{\sim}{\mathrm{r}} = \Sigma\, h \ ;$$

l'indeterminazione nella sua valutazione è

$$\Delta \underset{\sim}{\mathrm{p}} \cdot \Delta \underset{\sim}{\mathrm{r}} \geqslant h \ .$$

4. Conteggio di frange in interferometria

$$\oint \underset{\sim}{\mathrm{k}} \cdot d\,\underset{\sim}{\mathrm{r}} = 2\pi \cdot \text{intero} \ ;$$

l'indeterminazione nella sua valutazione è

$$\Delta \underset{\sim}{\mathrm{k}} \cdot \Delta \underset{\sim}{\mathrm{r}} \geqslant 2\pi \ .$$

Occorre avvertire che vi è una grande differenza tra la tradizionale interpretazione di $\Delta\,\underset{\sim}{\mathrm{r}}$ come indeterminazione nella posizione della particella e quella di $\Delta\,\underset{\sim}{\mathrm{r}}$ come indeterminazione nella posizione del circuito. Si deve tuttavia considerare qui che una dimensione finita della particella si riflette in modo diverso nelle due interpretazioni, mentre $\Delta\,\underset{\sim}{\mathrm{r}}$ può essere assunto connesso alla metrica o non connesso alla metrica.

Tutti i quattro esempi considerati contengono il messaggio centrale che si hanno conteggi di oggetti fisici fondamentali. Anche se può apparire banale, si ha che tali operazioni di conteggio sono indipendenti dalla presenza o assenza di una struttura metrica. Infatti non è necessario andare attorno con un metro campione per decidere se degli oggetti sono entro o fuori di una data superficie chiusa, mentre è necessario convenire che non sia possibile che una superficie passi attraverso il dominio di un dato oggetto; si assume che l'oggetto sia

indivisibile e sia entro o fuori della superficie chiusa.
In tutti i testi è ripetutamente messo in rilievo il fatto che è possibile distorcere la superficie senza che venga variato l'integrale, purché non cambi il numero degli oggetti in essa racchiusi. Naturalmente gli esempi 2 e 3 rappresentano situazioni fisiche meno tangibili per quanto riguarda l'oggetto di cui si deve specificare se sia entro o fuori del dato circuito chiuso, e l'atteggiamento è diverso rispetto a quello che si tiene nel caso della superficie gaussiana. Tuttavia permangono le caratteristiche fondamentali, nel senso delle possibili deformazioni del circuito. Anche l'esempio 4 non richiede manipolazioni di metri campione se il conteggio di punti nodali ha la precedenza sulle operazioni metriche. Dato che non ha senso contare frazioni di punti nodali, si ottiene così una vivida illustrazione del modo in cui l'astenersi da un'informazione metrica crea del tutto naturalmente una possibile indeterminazione di conteggio.

Con queste osservazioni non si vuole dare l'impressione che non si possano usare calcoli connessi alla metrica nella valutazione degli integrali considerati. Il punto essenziale è invece che in qualche modo il risultato finale non dipende dalla presenza o dall'assenza di una struttura metrica. Quest'ultimo fatto significa che è ora possibile rifarsi ad alcuni importanti risultati di topologia differenziale. L'invarianza dell'integrale per deformazione è connessa al fatto che la forma differenziale (campo) così integrata è 'chiusa' in certi ben specificati domini. Il carattere non nullo degli integrali significa che queste forme differenziali sono non 'esatte'. I contributi discreti a questi integrali (detti periodi o residui) dipendono dalla topologia del dominio chiuso di integrazione rispetto agli oggetti che sono o non sono racchiusi.
La situazione matematica ora descritta non copre ancora una situazione di conteggio; infatti non esiste alcuna legge in topologia differenziale che dica che i contributi discreti agli integrali debbano essere identici. Dunque l'identità degli oggetti da contarsi deve essere riguardata come un elemento aggiuntivo di informazione che è fornito soltanto dalla natura fisica delle cose. Inversamente, tuttavia, le leggi matematiche, se si deve assumere che si applichino in tutto rigore, impongono certe restrizioni forse insospettate sulle unità relative agli oggetti fisici che devono essere così enumerati.
Anzitutto i requisiti matematici in tal modo imposti esigono che i periodi (residui) di questi integrali siano invarianti topologici. L'invarianza topologica è un requisito molto più forte che non ad esempio quello dell'invarianza, connessa alla metrica, di Lorentz. Essa infatti comporta che i periodi siano numeri o, se si vuole, scalari che sono costanti sulla varietà. Questa condizione è ovviamente soddisfatta nel caso 4, dove gli interi contano le unità di 2π. I casi 1, 2 e 3 sono in qualche modo diversi, poiché ivi gli interi contano unità fisiche quali e, $h/2e$, ed h. Pertanto, se questi procedimenti di conteggio mediante residui interi debbono avere qualche significato, si deve accettare l'inevitabile conclusione seguente: *Il quanto di carica* e *ed il quanto d'azione* h *sono invarianti topologici nello spazio-tempo.*
È possibile, naturalmente, che questa affermazione sia in qualche modo più forte di quanto si vorrebbe accettare per ora. Una conferma o una confutazione possono venire soltanto da una ulteriore sperimentazione, e per gli scopi della presente discussione si assumerà che la suddetta affermazione valga.
La matematica degli integrali con residui nel contesto della teoria dei campi è stata sviluppata principalmente da G. de Rham[12]. Gli integrali con residui (periodi) sono oggi una nozione comune nella letteratura sulla topologia differenziale e sulle forme differenziali. Vi è, tuttavia, un aspetto importante in cui la versione originale di de Rham si distingue dalla maggior parte delle successive discussioni: infatti fin dall'inizio de Rham considera due specie di forme differenziali, cioè quelle pari e quelle dispari, a seconda del loro comportamento per variazioni di orientamento del riferimento, con una nozione che non si vorrebbe omettere in una

discussione rivolta alla fisica. Ora, al residuo di una forma pari si può far riferimento come a un numero pari o assoluto, o, se si vuole, come a una costante scalare assoluta, e questo numero non è toccato da variazioni di orientamento del riferimento. Al contrario, il residuo di una forma dispari è toccato da una variazione di orientamento del riferimento, poiché varia di segno. Dunque un residuo dispari corrisponde alla nozione che nella teoria dei campi è tenuta da uno pseudoscalare costante.

CONCLUSIONE - IV

La fisica contemporanea si è sviluppata assumendo a priori l'esistenza di un riferimento metrico assoluto, dotato di significato indipendente dagli oggetti fisici esistenti nello spazio.

La transizione dalla fisica newtoniana a quella relativistica non ha sostanzialmente coinvolto questo quadro di base, se non per il fatto che il riferimento spaziale e quello temporale sono stati congiunti a formare un riferimento metrico spazio-temporale assoluto a priori. È stata invece la teoria generale della relatività che ha portato per prima una variazione in questo inveterato quadro, poiché essa prese a considerare le variazioni nella struttura metrica come dovute alla presenza di materia.

Il sorgere della meccanica quantistica si produsse inizialmente in accordo con l'idea newtoniana di una metrica spaziale a priori. Il successivo sviluppo della meccanica quantistica relativistica (speciale) sostituì poi tale nozione newtoniana con un riferimento metrico spazio-temporale assoluto a priori. Tuttavia, la meccanica quantistica, sia nella forma prerelativistica sia in quella relativistica, introduce il concetto di indeterminazione, e tale indeterminazione prende in considerazione un limite naturale alla possibilità di specificare una posizione metrica se si richiede una informazione simultanea su una proprietà fisica coniugata di un oggetto. Da questo confronto si può inferire che la teoria generale della relatività e la meccanica quantistica, ciascuna a proprio modo, introducono un elemento di dubbio sulla necessità di un riferimento metrico assoluto a priori. È ben noto che i tentativi di far confluire queste due distinte posizioni rispetto alla interpretazione metrica hanno incontrato difficoltà formidabili. Considerando la mancanza di prospettive che si presenta per le strade attualmente battute, è sembrato appropriato riesaminare tale comune premessa, cioè l'ipotesi di una struttura metrica assoluta a priori. Questo riesame può essere motivato dalla seguente osservazione epistemologica.

L'esistenza di una struttura metrica a priori dovrebbe essere riguardata come un'ipotesi matematica che costituisce una estrapolazione forse inammissibile della realtà fisica. Infatti possiamo conoscere la struttura metrica solo attraverso gli oggetti fisici che esistono nello spazio-tempo; dunque il significato fisico della struttura metrica è ridotto a una nozione che è in principio macroscopica e può pertanto avere solo limitata applicabilità nel dominio submicroscopico.

E. J. P.

Traduzione: L. GALGANI - MILANO

BIBLIOGRAFIA

1 A. EINSTEIN, H. LORENTZ, M. MINKOWSKI, H. WEYL, *The Principle of Relativity*, A. SOMMERFELD (ed.), Ristampa e traduzione Dover nell'edizione 1922 di Teubner (si veda l'articolo di Einstein *Teoria Generale*).
2 F. KOTTLER, Sitzungsberichte Akademie der Wissenschaften, Wien IIa, 131 (1922), p. 119.
3 E. CARTAN, Ann. de l'École Normale Supérieure, *41* (1924), p. 1, si veda p. 12.
4 D. VAN DANTZIG, Proc. Cambridge Phil. Soc., *30* (1934), p. 421, Amsterdam Ac., *37* (1934), pp. 521, 526, 644, 825.
5 E. J. POST, Ann. of Phys., *71* (1972), p. 497.
6 H. BATEMAN, Proc. London Math. Soc., *8*, (1910), p. 233, e stessa rivista E. CUNNIGHAM, p. 77.
7 H. G. KÜSSNER, *Principia Physica*, van den Hoeck and Ruprecht, Göttingen, 1946, testo tedesco.
8 C. TRUESDELL and R. A. TOUPIN, *Handbuch der Physik*, Vol. III/I, Springer, Berlin-Heidelberg, 1960; riferimenti specifici pp. 666, 682.
9 E. J. POST, *Formal Structure of Electromagnetics*, North-Holland, Amsterdam, 1962.
10 C. MISNER, J. A. WHEELER, Ann. of Phys., *2* (1957), p. 525, e anche *Geometrodynamics*, J. A. WHEELER (ed.), Academic Press, New York, 1962.
11 J. N. BAHCALL, M. SCHMIDT, Phys. Rev. Letters, *19* (1967), p. 1294.
12 G. DE RHAM, *Variétés Différentiables*, Herman, Paris, 1955.

Galileo's Philosophy of Science

Part I: A Case Study of the Role of Judgment and of Philosophizing in Science

MAURICE A. FINOCCHIARO
University of Nevada, Las Vegas

INTRODUCTION

In a number of papers and essays[1] Laurens Laudan has defended the thesis that epistemological and methodological ideas about science have historically emerged from scientific practice, and hence that the development of the philosophy of science is distorted by those scholars who attach primary importance to the ideas of the major general philosophers such as Locke, Hume, and Mill. He has been concerned primarily with tracing the origin of modern (in the sense of presently well-established) methodological and epistemological doctrines in the work of relatively obscure scientists of the eighteenth century who were forced to articulate such concepts as the method of hypothesis in order to defend their concrete scientific theories. His approach can, however, do more than merely discovering new facts concerning the details of exactly who (and when and how) was the first to articulate, or later significantly improve, such and such an idea, now current in the philosophy of science. It can also lead to a greater understanding of better known figures, such as Galileo. The greater understanding is possible insofar as one would examine the interplay of their philosophizing and their scientific activity, so that their philosophical remarks would be analyzed in the context of their scientific discussions. In other words, the first and most important step in understanding somebody's philosophy of science would be to study the relationship between his philosophical views and his scientific practice, rather than the abstract interrelationships of these views with one another. The following investigation is then, in part, a chapter in this type of history of the philosophy of science suggested by Laudan.

This investigation also lends support to a qualified version of Feyerabend's anarchist methodology of science[2]. In some of the more radical and extreme formulations his central thesis is self-refuting and does not even merit serious criticism, which it nevertheless has received[3]; rather it deserves summary dismissal. There is however a very valuable element in all of his talk of anarchy, against method, and in favor of « Anything goes ». I suggest that Feyerabed is groping toward the concept of judgment. In such a judgmental philosophy of science, it would indeed be true that no significant role is played in scientific inquiry by method, in the

sense of explicit and simply formulable rules for the conduct of research. However, such methodlessness would not imply that anything goes, but rather that judgment is to take the place of method. This is not the place to formulate a theory of judgment, but for the purpose of our discussion judgment in general is « the mental or intellectual process of forming an opinion ... by discerning and comparing »[4], and scientific judgment is the ability to balance properly in a concrete situation the requirements of such activities as observation ans speculation, mathematical (quantitative) analysis and qualitative considerations, causal investigation and positivism, (negative) criticism and constructive articulation, anti-authoritarianism and traditionalism, anti-verbalism and logical analysis. The scientific character of the jugdment refers to the specific types of requirements mentioned in such a list, which would (or at least should) be sufficient to demarcate scientific inquiry from other human activities[5]. Such a view denies that anything goes in science insofar as it claims that scientific discoveries are the result of the skillful synthesis of these activities and not others. At the same time this view is supported by virtually all of Feyerabend's arguments against method insofar as it asserts that no single-minded adherence to any one of these activities is the source of scientific progress. Moreover, the explicit use of the concept of judgment clarifies something that is usually obscured in discussions by and about Feyerabend; that is, if and when one finds cases of scientific progress resulting from such single-mindedness, then one simply concludes that this is a case where judgment dicated such emphasis. The nice thing about judgment, or more neutrally expressed, the great explanatory power of the concept of judgment, is that it can be used in the manner just described.

Finally, the investigation undertaken below is an attempt to solve the problem of what Galileo's philosophy of science was. Given Galileo's importance, the relevance of such a study needs no further justification. What may need justification, however, is the need for yet another view when so many are already available. The first step in this justification is to distinguish Galileo's scientific work, or practice, or « method » in the usual terminology, from his theory or philosophy or view *of* science, and to note that most philosophical discussions of Galileo are analyses of his scientific practice rather than of his philosophy of science; that is, they are analyses of the philosophical significance of his work, rather than of its philosophical content. Of course, there is nothing worong with the investigation of philosophical significance; far from it, it is at least as important as the investigation of philosophical content; however, the two are not the same. One could define the difference as follows: philosophical content refers to the philosophy explicitly discussed by Galileo, philosophical significance refers to the philosophy implicit in his science. Hence an account of Galileo's philosophy of science must be an exposition of the philosophical views more or less explicitly stated by him. In speaking of the greater or lesser degree of explicitness of statement, I am admitting

that his philosophical views are not always equally explicit; I would also admit the existence of borderline cases difficult to decice. Nevertheless, claims about Galileo's philosophy of science must always be based on evidence from his words.

To explain further the distinction between philosophical content and philosophical significance, i.e. between explicit and implicit philosophy, I will call attention to one result of the investigation undertaken below. This investigation consists of an analysis of the entire *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems* into 55 contiguous passages each of which can be reconstructed as the illustration by scientific example(s) of some philosophical claim(s). Each passage is evidence that Galileo achieved a very judicious combination of scientific practice and philosophical reflection. Such a science-philosophy synthesis is, to repeat, instantiated 55 times in the book, every section of which can be integrated into it. Thus we have overwhelming evidence of the implicit presence of the philosophy that one ought to synthesize theory and practice, that is to enlighten one's experience and to act on one's thoughts. Such a philosophy is a form of Socraticism and of pragmatism, however in Galileo it is totally unexplicit; it would be completely wrong to attribute to him such a doctrine. Unlike this doctrine, all the philosophical theses attributed to him in the analysis given below are held by him with some awareness. This is the sense in which this analysis discusses the philosophical content of the *Dialogue*.

Second, of the philosophical discussions of Galileo that are properly speaking accounts of his philosophy of science, hardly any constitute what I would call a systematic analysis. Ideally a systematic attempt to understand someone's philosophy of science should be both an attempt to understand *every* philosophical remark made by him and an attempt to understand the remark *in the context* in which it is made. Most discussions consist of an analysis of a set of Galileo's philosophical remarks which are both arbitrarily selected and taken out of context. In the examination given below I have selected all the philosophical remarks made in the *Dialogue*; given that some selection is necessary, I believe this choice is the least arbitrary insofar as this book is Galileo's richest in philosophical content, the most important one in his own view, and non-egligible in scientific content. Moreover, the choice has a great advantage deriving from the double aspect of the book, philosophical and scientific; the advantage is that the contextual analysis can be carried out extremely well since sometimes one can use a very explicit philosophical remark to throw light on a concrete scientific discussion or series of discussions, and sometimes one can use the clarity of a particular scientific discussion to make sense of a number of relatively unexplicit, but present, philosophical remarks.

Third, the few systematic accounts of Galileo's philosophy of science that do exist are all accounts of what might be called a *Galilean* rather than *Galileo's* philosophy of science. That is, they are not explanations of the philosophical content of his work, but rather theoretical elaborations

of that content; more attempts to systematize it, rather than attempts to detect and extract it. Of course, this is especially objectionable when the systematization is premature, in the sense of being based on an inadequate undestanding of what the claims being systematized are. However, even when not premature such a systematization yields a Galilean, not Galileo's, philosophy of science since nothing is more certain than that in the theory of scientific method and knowledge, Galileo is not a systematic thinker in the sense of having a relatively small number of basic principles, logically unified, and in terms of which all the facts to which they refer can be understood. This does not mean that he is not a philosopher, but rather that he is a philosopher of a particular kind, namely an unsystematic philosopher, very much like Socrates was in moral philosophy. What characterizes such unsystematic (or, to use a more positive term, Socratic) philosophy is a constant and sustained willingness to reflect on one's activities in order to understand and justify them, as the need arises in a concrete situation, and a willingness to avoid inconsistencies, when these become apparent; or equivalently, so as not to bias the description in favor of the primacy of practice over reflection, we may speak of the skillful application of philosophy to concrete activities, namely the concrete putting into practice of philosophical concepts. When such reflections center around concepts such as truth, knowledge, method, nature, physical reality, mathematics, sense experience, we have Galileo's case of Socratic philosophy; when the concepts are wisdom, goodness, justice, piety, human life, we have Socrates's case.

PHILOSOPHICAL OUTLINE OF GALILEO'S 'DIALOGUE'

Pages[6]	*Philosophical Topic*
FIRST DAY	
33-8/9-14	Mathematical reasoning and number mysticism
38-57/14-32	Conceptual frameworks
57-9/32-5	Sense experience
59-71/35-47	Aristotle's authority as a logician
71-82/47-57	The role of authority in natural philosophy
82-95/57-70	Teleology and anthropocentrism
95-112/71-87	The necessity of experiments
112-7/87-91	Cognitive awareness
117-24/91-98	Different categories of error
124-31/98-105	The powers of human understanding
SECOND DAY	
132-9/106-14	Independent-mindedness and the misure of authority
139-50/114-24	Simplicity and probability
150-9/124-33	Open-mindedness and rational-mindedness
159-69/133-43	Logical analysis

169-80/143-54	Reasoning *vs.* experience, and the Socratic method
180-8/154-62	The Socratic method: understanding *vs.* information-knowledge
188-93/162-7	Fanciful *vs.* relevant disgressions
193-6/167-71	Unconscious knowledge
196-206/171-180	Hypothetical and circular reasoning
206-9/180-3	Critical experimentalism
209-14/183-8	The proper time for experiments
214-7/188-90	Criticizing and understanding
217-23/190-7	Knowledge and recollection
223-9/197-203	Geometry and philosophy
229-37/203-10	Mathematics and physical reality
237-44/210-8	Causal investigations
244-60/218-33	Physico-mathematical synthesis
260-72/233-47	Comprehensibility and truth
272-81/247-56	The deception of the senses
281-8/256-64	Inconceivability-claims and facts
289-90/264-6	The primacy of nature, over man
290-3/266-9	Logical distinctions
293-8/269-75	The superficiality of abstract answers

PHILOSOPHICAL ANALYSIS AND RECONSTRUCTION[7]

33-8: *Mathematical reasoning and number mysticism*

Mathematical reasoning should not be confused with number mysticism any more than the latter should be confused with Pythagorean or Platonic mathematicism; hence mathematical reasoning should not be excluded in principle from the study of nature. An example of number mysticism is the Aristotelian justification of the three-dimensionality of the world based on the perfection of the number three. An example of genuine mathematical reasoning is the proof that the world has three dimensions because there can be at most three mutually perpendicular lines through a given point. The intuitive clarity (F36) of the latter example shows that it is not impossible to use mathematical arguments in natural philosophy.

38-57: *Conceptual frameworks*

Conceptual frameworks («precetti d'architettura» [F40, F42-3]) should be formulated independently of empirical considerations. Aristotle's theory of simple (natural) motion (F38-43) is a conceptual framework because it is the conceptual foundation of the earth-heaven distinction. It depends on empirical considerations insofar as it equates (1) simple lines with straight and circular, thus excluding the cylindrical helix; (2) straight with up or down; (3) circular with around the center of the uni-

verse; (4) different simple motions with natural motions of different simple bodies; and (5) bodies having simple natural straight motion with earth and fire. A more correct conceptual framework is the theory of universal circular motion (F43-57) according to which, in a well-ordered universe, all movable bodies must move with circular motion. The basis of this theory is the following conceptual distinction: straight and circular motions are two different stages of natural motion; straight motion can be acquired naturally but cannot naturally continue forever, whereas circular motion can naturally continue forever but cannot be acquired naturally without straight motion.

57-9: *Sense experience*

Sense experience cannot be dismissed, but it should be treated critically, in the sense that it is subject to different interpretations and one should not assume that his own interpretation is the only possible one. Hence it would be naive to reject the theory of universal circular motion on the grounds that it conflicts with the natural up and down motion of terrestrial bodies and thus violates the principle that sense experience should prevail over any reasoning. In fact, sense experience tells us merely that this up and down motion appears to be straight; to intepret it as really being straight involves the uncritical acceptance of the principle that apparent vertical motion implies actual vertical motion; and this implication does not hold as it will be shown later. In other words, naive empiricism is to be rejected in favor of critical empiricism, which involves logical analysis and logical synthesis (reasoning, logical practice) in an essential way.

59-71: *Aristotle's authority as a logician*

Aristotle's authority as a logician is not sacrosanct and at any rate pertains primarily to the domain of logical theory rather than logical practice. His authority as a logical practitioner cannot be gounded on his undisputed authority as a logical theorist, but only on the soundness of his concrete reasoning. The latter can only be tested by the logical analysis of his actual arguments, which analysis one should therefore be free to carry out. If you do this you will discover that his logical practice leaves much to be desired. For example, consider Aristotle's argument that the point toward which heavy bodies fall is the center of the universe. Logical analysis reveals that this argument begs the question because it assumes that, in moving away from the earth's circumference, light bodies are moving either (1) toward a greater circle concentric with the center of the universe, or (2) along lines which extended in the opposite direction pass through the center of the universe. Or, consider Aristotle's argument for the immutability of the heavens based on the natural circular motion of heavenly bodies; the analysis of the conceptual status of natural and

of circular motions (which conceptual analysis is a kind of logical analysis) has revealed that all movable bodies must move with circular motions; hence the only conclusion that follows in this context is *either* that the earth like heavenly bodies is unchangeable *or* that change has nothing to do with difference in motion. Or consider the argument from contrariety; logical analysis reveals several faults with this argument: (1) it uses an assumption (the premise asserting a connection between change and contrariety) which is more problematic and questionable than its main intended consequence (namely, that the earth stands still); (2) it may be self-contradictory because it suggests a parallel argument concluding that heavenly bodies are changeable as well; (3) it is groundless to the extent that the contrariety of rarity and density exists in the heavens; and (4) it is ambigous because the various mentioned « bodies » sometimes refer to *whole* nodies and sometimes to *parts* of bodies.

71-82: *The role of authority in natural philosophy*

Aristotle'sauthority in natural philosophy has little if any function because acceptance of it implies its rejection in favor of direct sense experience. Both his example and his own words show this. Consider the questions of celestial unchangeability. Aristotle's *a priori* arguments in its support have already been examined and found to be inconclusive (F76); moreover, they probably reflect his method of justification rather than his method of discovery, which is probably reflected in his *a posteriori* argument. So consider this argument. The argument is logically invalid (F71-5); but Aristotle's procedure (« modo di filosofare », F75) is such that if followed today leads one to believe that the heavens are changeable. For, his procedure is to conclude that the heavens are unchangeable on the basis of seeing no changes in the heavens; hence, the same procedure would force one to conclude that the heavens are changeable on the basis of seeing some changes; now it so happens that today one can observe changes in the heavens (F76-80); hence acceptance of Aristotle's example in matters of procedure leads one to reject his authority concerning the substantive claim of celestial inalterability, and to rely on sense experience rather than on an authority. As for his words, one of his most important principles is that sense experience should prevail over any reasoning, and the principle is more fundamental than the claim that the heavens are unchangeable. Now, applied to the sense experience possible today and to Aristotle's own reasoning, this principle implies that it is more in conformity with Aristotle to argue « the sky is changeable because so shows us sense experience » than to argue « the sky is unchangeable because reasoning so persuaded Aristotle ». Hence acceptance of Aristotle's words in methodological matters leads one to let sense experience prevail over Aristotle's own substantive conclusions, and hence to the rejection of his authority in substantive matters.

It may also be concluded that no authority has any methodological

role in natural philosophy, however understandable the security of relying on it is (F81), since Aristotle's procedure in his *a posteriori* argument for celestial immutability is not an isolated example, but rather *a posteriori* arguments are methodologically prior to *a priori* ones, since the former reflect the method of discovery and the latter the method of justification (F75-6).

In other words, the concrete example of Aristotle and the inalterability of the sky shows that if we take the methodological point of view, if we distinguish between an author's methodological claims and his substantive claims, if we distinguish between methodological theory and methodological practice and do not neglect the example of the latter besides the use of the former, if we distinguish between methods of discovery and methods of justification within methodological practice, and if we believe that *a posteriori* reasoning is the typical method of discovery and *a priori* reasoning the typical method of justification, then it is impossible for an authority to have a methodological function.

82-95: *Teleology and anthropocentrism*

Teleological anthropocentrism is the thesis that the whole universe exists for the sake and benefit of man (F84, 85). A good example of reasoning which is both teleological and anthropocentric is the following Aristotelian argument (F83-85, *cf.* F109): (1) changes would make celestial bodies imperfect, since such changes would not be of any use or benefit to man, and hence they would be superfluous; therefore, (2) for celestial bodies, being unchangeable would be their way of being perfect; (3) but celestial bodies are unchangeable, because celestial changes would be vain and useless, and hence there cannot be any; it follows that (4) celestial bodies are perfect, that is have all perfections. Here, teleological anthropocentrism is presupposed in steps (1) and (3). The doctrine is objectionable for at least two reasons. First, one walid reason for teleological anthropocentrism would be if the place where man lives—the earth—were appropriately special and different from the other bodies in the universe. But, using the nearest celestial body as an example—the moon—it can be shown that it and the earth are rather similar (F84-95): in fact they are both spherical, opaque, lacking their own light, solid, and irregular in their surface; and each illuminates and eclipses the other and shows phases and uneven brightness to it. Second, teleological anthropocentrism leads one to conslusions, such as the perfection of celestial bodies mentioned above, which can be shown to be false. For the moon has a rough rather than perfectly smooth surface, because of the fact that it is visible at all and because of its mountainous appearance through the telescope (F87-8, *cf.* F95-112).

95-112: *The necessity of experiments*

Experiments are sometimes necessary (F100, 101, 108) in natural phi-

losophy. One such situation occurs when the facts involved are counter-intuitive (F96), as in the question of the manner the moon reflects sunlight. For example, (1) if you hang a mirror on a wall and compare the way the mirror and the wall reflect the light, you will see that the wall lloks brighter than the mirror from all places except one, where the mirror's reflection goes (F96-8). Or, (2) compare the reflection of sunlight from a flat and from a spherical mirror by comparing their effect on the brightness of a neighboring wall; you will see that the spherical mirror has no noticeable effect on the illumination of neighboring objects (F100-1). Or, (3) fold a sheet of paper and let one part receive light perpendicualrly, and the other part obliquely; you will seee the latter to be less bright than the former (F105). Or, (4) fold a sheet of paper into two unequal parts, let some light shine perpendicuarly on the smaller part and obliquely on the larger, and look at the paper from an angle such that the two unequal parts appear of equal size; you will notice that the obliquely-lit part still looks less bright than the other (F108-9). From the first two experiments one can argue that if the moon's surface were not rough, it would be invisible (F96-105); from the latter two, that if its surface were not rough, a full moon would appear brighter at the center and darker at the edges (F105-9).

Another example of the necessity of experiments in natural philosophy occurs when the relevant facts need to be ascertained with some precision, or when a man-made model of the natural situation is possible, as in trying to explain the uneven appearance of the lunar surface to the telescope by differences of opacity and transparency. Such an explanation cannot be faulted by means of general considerations, but only by the specific details of the telescopic appearances, all of which are reproducible with a solid opaque ball subject to varying illumination, though none with a solid ball of nonuniform transparency (F111): you can see (F112) that the various lighted bulges cast shadows; that the length of these shadows varies depending on the distance of the bulge from the boundary of light and darkness; that this boundary is very irregular; that in the dark region beyond this boundary many bulges are already lit; that the length of the various shadows of the lighted region decreases until there are no more shadows when the whole hemisphere is lit; and that then as the darkness starts growing the same bulges can be recognized and cast shadows whose legnth increases.

112-7: *Cognitive awareness*

The intellectual contents of the human mind are not always open to introspection or known best to the person involved; this applies both to the real reasons underlying one's beliefs and to propositions that one may know without knowing that he knows them. For example, someone may *say* that the reason why he thinks that the earth cannot reflect sunlight as well as the moon is that the earth is so dark and opaque (F112-3);

however, cross-examination reveals that his real reason is that whereas the earth can be seen lit only during the day, the moon can be seen lit also during the night, for from this he is led to the error of comparing the moonlight as seen from a dark place (night) with the earth-light as seen from a lighted place (day), and he naturally concludes that the moon reflects light much more easily that the earth. An example of knowledge without awareness is the proposition that the earth can reflect light as well as the moon (F115); someone may think that he believes the opposite, but cross-examination can show that he knows all the facts from which the correct conclusion easily follows: that the moon appears more shiny at night than during the day, that during the day it appears about as shiny as clouds, and that the earth-light cannot be seen at night. Another example of unconscious knowledge is the proposition that the moon's secondary light is light reflected by the earth onto the moon (F115-6).

These examples also implicitly illustrate the importance of the rationale underlying beliefs for the resolution of disagreements. For when that rationale is seen to be wrong, as in the first example above, it is often an easy matter to see what is the proper conclusion to be drawn, as in the second example above.

117-24: *Different categories of error*

Different categories of esrors exist; they are not all equally culpable. The acceptance of an erroneous theory by its orignator or at a time when no better theory exists is a relatively minor methodological transgression. However, if a follower defends a grossly erroneous theory at a time when a better one has been published, that can only be an appeal to the ignorant masses. An example of such a methodologically objectionable appeal is the recently resuscitated theory that the moon's secondary light is sunlight which penetrates the somewhat transparent lunar body. Glaring falsehoods asserted by this author are that the secondary light is greater at the edges than in the middle, and that in solar eclipses the portion of the lunar disc outside the solar disc is darker than the rest.

124-31: *The powers of human understanding*

The powers of human understanding are likely to disappoint both the optimists and the pessimists. On the one hand, the human mind is not a measure of what can occur in nature since if you ever try to understand fully some one thing you realize how little you know (as the example of Socrates shows). Moreover, the human mind is infinitely inferior to the divine mind both in number of propositions known and in manner of knowing them; for God keeps infinitely many propositions simultaneously in His mind without having to use a step-by-step knowing process. On the other hand, the human mind can know a few propositions (such as those of mathematics) with an « objective certainty » (F129) which

equals that which God has; and moreover, one cannot but marvel at the various artistic and scientific achievements of man. An example of this limited but real power of the human mind is our knowledge of the moon: thought we can think of a number of conditions that might cause the big dark spots on the moon, we have no way of knowing which one it is; and though we can have no idea of what kind of life there is, we known that it cannot be anything like on earth because the moon has very long days and nights (one month combined), no significant seasons, and no rain.

132-9: *Independent-mindedness and the misuse of authority*

The misure of Aristotle's authority by his followers is laughable and ridiculous. They often oppose to the evidence of sense experience, Aristotle's mere authority or mere words, rather than other experiences or Aristotles' *reasons*; an example would be for someone who has been shown experimentally that the nerves originate from the brain to say that he would have to accpet it as true if Aristotle had not said that the nerves originate from the heart (F133-4). They also often claim that, and act as if, all knowledge is contained in his books: an example is the Peripatetic who tried to show that the telescope was known to Aristotle in its fundamentals by suitable interpreting, *ex post facto*, the passage where he describes the effect of looking at stars from the bottom of a well (F134-6).

Aristotle's authority results only partly from the strength of his demonstrations, but primarily from lack of independent-mindedness, a swell as academic opportunism and the failure to appreciate what might be called epistemological modesty. This last attitude means the failure to see that not only is there nothing wrong with claiming ignorance about certain things but it is actually better to do so since if one does this then he will be taken more seriously (at least by serious philosophers) concerning the things, that he does profess to know (F137). An example of academic opportunism is the Peripatetic who had written a book on the soul in which he denied that Aristotle regarded it as immortal on the basis of certain less well-known passages; when he was told that it would have been difficult for him to get permission to publish, he decided to use certain other Aristotelian passages favorable to immortatily (F137-8). It is primarily lack of independent-mindedness which generates the weight of Aristotle's authority because, no matter how strong his arguments, it is we who must evaluate this strength; if follows that in philosophy at least, authorities play no *essential* role (F138-9). It also follows that it is imperative to examine carefully his arguments concerning the question of the earth's motion.

139-50: *Simplicity and probability*

Arguments based on the principle of simplicty are neither worthless nor

conclusive, but rather probable. They are not worthless because, in the absence of conclusive arguments, the simplest idea is the most acceptable; they are not conclusive because a single piece of counterevidence or conclusive counter-argument is sufficient to refute an idea based on simplicity, and they are probable because nature tends to act by means of the fewest possible operations. For example, the arguments in favor of the earth's diurnal motion are based on the principle of simplicity insofar as they amount to saying that it is simpler (1) to let the earth rotate on its axis at a relatively low speed rather than to let innumerable celestial bodies revolve around the earth at incredibley higher speeds; (2) to let each planet have only one motion rather than two contrary ones; (3) to let the law of periods of revolution be universally valid, rather than to make an exception for the case of the motion of the uppermost sphere; (4) to let all the fixed stars do one thing—stand still—rather than to let them revolve over unequal orbits; (5) to let the earth change its axis of rotation than to let all fixed stars change their orbits in unison; (6) to let the earth rotate than to coordinate the motions of all fixed stars in such a way as to keep their relative positions unchanged; (7) to prevent the earth's rotation from being transferred to the rest of the universe, rather than to prevent the diurnal motion of the heavens which is transferred through all the spheres from being transferred to the earth; and (8) to let the earth rather than an *ad hoc* highest sphere be the *primum mobile*. These arguments are obviously inconclusive but they do lend some initial probability to the earth's diurnal motion (F148). For this probability to remain, one must show that the apparent countevidence does not really exist and that the apparently conclusive objections are in fact unsound.

150-9: *Open-mindedness and rational-mindedness*

It is very important to know and understand the arguments, reasons, and alleged evidence against one's view (F153), since its justification is strengthened if undertaken in the light of the awareness of counterarguments (F154-5), and since truth emerges from the conflict of opposing views if this conflcit takes the form of the assessment and evaluation of the logical strength of the relevant arguments (F155-8). Let us call open-mindedness the willingness and capacity to accept the views which are supported by the best arguments; and let us call logical analysis the (art of) understanding the structure of arguments and evaluating and comparing their strength. Then we may say that open-mindedness and rational-mindedness are essential in the search of truth, and logical analysis is in turn essential for both of these traits.

The motion of the earth provides a very good example of all this. First the methodological superiority of the proponents as compared to the opponents is obvious insofar as the former are usually knowledgeable of the counterarguments, whereas the opponents are usually not knowledgeable about the favorable arguments (F154-5); moreover, the pro-

ponents have even improved the clarity and cogency of the counterarguments (F153, F159). Second, these counterarguments against the earth's motion are so numerous and so undeniably convincing and conclusive in appearance that it will be a very good test of the power and usefulness of logical analysis to see what results it yields when applied to them.

159-69: *Logical analysis*

The logical analysis of the arguments against the earth's motion yields the following results: (1) (F159-62) Aristotle's first objection is an argument from violent motion and has the following strucutre: the earth cannot move circularly because such motion would be violent, and hence not perpetual; it would be violent because if it were natural, the parts of the earth would also move circularly by nature, which is impossible since the natural motion of its parts is straight downwards. This argument is a fallacy of equivocation since the clause « the parts of the earth would also move circularly » can mean either that these parts would move around their own centers or that they would move around the earth's center. In the first case, the corresponding proposition, namely that « if the earth's motion were natural, then its parts would also move circularly by nature », would be obviously false, and hence the argument would be unsound by reasons of falsehood of one premise. In the second case, the argument would be unsound by reason of invalidity, since it would contain two incompatible steps; for one step claims that the earth's circular motion would not be perpetual because it would not be natural, thus equating the natural with the perpetual, whereas another step would claim that the earth's parts do not naturally move around its center because their natural motion is straight downwards, and this is so because their spontaneous motion when free to move is straight downwards, thus equating the natural with the spontaneous under certain supposedly natural conditions. The invalidity derives from the fact that this second notion of natural is both inconsistent with the first, and implausible because the conditions under which the spontaneous motion is straight downwards are not really natural but rather contrived artificially or seldom occuring in nature. (2) (F162-4) Aristotle's second rgument is another fallacy of equivocation because its conclusion could mean either a denial of the dirunal motion or of the annual motion. (3) Aristotle's third argument is the argument from natural motion and has the following structure: the natural motion of the earth's parts is toward the center of the universe, and therefore the whole earth stands still therein. This argument is groundless since the empirical argument that the earth's parts move toward the center of the universe is circular (as it is shown in F58-61), and since the *a priori* justification of the same premise presupposes an untenable, confused, or inconsistent concept of what it is for motion to be natural (as it is argued in F33-62 and F159-62). (4) (F164-9) Aristotle's fourth argument is the argument from vertical fall, and it is circular when stated in terms of

actual vertical fall, and invalid when stated in terms of *apparent* vertical fall. The former version has the following structure: The earth must stand still because bodies fall vertically, which they could not do if it moved; and bodies fall vertically, since they are seen to fall vertically and since apparent vertical fall implies actual vertical fall. Now, it turns out that this implication holds if and only if the earth stands still; hence one would have to assume that the earth stands still to justify the corresponding premise in the argument, namely the proposition that if bodies are seen to fall vertically, they really do fall vertically.

The apparent vertical fall version of the argument has the following structure: The earth stands still because bodies are seen to fall vertically; now this could not happen if the earth were moving since if the earth were moving and bodies were seen to fall vertically, then bodies would be moving with mixed motion, around and toward the center; but such mixed motion is impossible since bodies dropped from the mast of a moving ship fall behind. The invalid step in this argument is the last one, which presupposes that the nonoccurrence of mixed motion on a moving ship would imply physical impossibility (or nonoccurrence on a moving earth). Such an implication is invalid because the motion of the ship is violent whereas the earth's diurnal motion would be natural, and because the relevant portion of air does not move along with the ship but would do so (near the earth's surface) if it moved.

169-80: *Reasoning vs. experience, and the Socratic method*

Experiments are sometimes unnecessary to ascertain the results of a test, for sometimes it can be argued on the basis of known or more easily ascertainable facts, what these results must be. For example, consider dropping a rock from the mast of a moving ship; the Aristotelians believe that the rock will be left behind, and from this, by analogy, argue that the vertical fall of a rock dropped from a tower implies that the earth stands still. It is doubtful whether they ever made the experiment; but at any rate, it can be shown that on the moving ship the rock will fall at the foot of the mast. Here, the more easily ascertainalbe facts are that (a) the undisturbed downward motion of bodies on an inclined plane is accelerated, (b) their undisturbed motion up an inclined plane is decelerated (F171-3), and (c) the cause of the motion of projectiles is not the motion of the air surrounding them (F175-80). From (a) and (b) one may conclude that (1) the motion of bodies on an horizontal plane is conserved if undistrubed, and consequently that (2) the horizontal motion of the rock on the moving ship, even after being dropped, continues if undisturbed. Now from (c) one can conclude that (3) the cause of the motion of projectiles is the « virtue » impressed on them by the projector, and consequently that (4) the cause of the horizontal motion of the rock, after it has been dorpped, would be the horizontal « virtue » impressed on it by the hand holding it before dropping. Since there is no way in

which this horizontal impressed virtue could be disturbed by the vertically downward tendency due to weight, it follows that (5) the horizontal motion of the dropped rock is undisturbed, and hence by (2) that (6) the horizontal motion of the dropped rock will continue, and therefore that (7) the rock will end up at the foot of the mast. It should be noted that such a justification can be effectively carried out be means of the Socratic method of questioning (F171, 176-7).

180-8: *The Socratic method: understanding vs. information-knowledge*

The Socratic method (F183) is very effective in making explicit, knowledge which is implicit in the mind. This is not teaching in the ordinary sense, that is in the sense of imparting or conveying new information, bur rather in the sense of deriving what was previously not accepted from propositions that are accepted. Alternatively we may say that the knowledge in question is not information or mere knowledge, but understanding. For example, someone may be skeptical about whether certain projectiles (1) can move faster after they hit the ground than in the air and (2) can move faster over a later than over an earlier segment of their whole path. (1) can be made simultaneously certain and comprehensible by appropriately questioning the skeptic and making him realize (F186) that when the projectile is something like a hoop, that can spin, then the spinning does not add to its forward motion as long as it is in the air, but it does so when it hits the ground if the spinning motion is appropriately in the same direction as the forward motion. (2) can be demonstrated to the skeptic by making him realize that, on falling to the ground, a hoop may hit a rock slanting in the direction of the forward motion and thus may acquire more spinning which is added to the forward motion. Thus from the doctrine of the conservation of motion one can understand the apparently paradoxical consequence that the motion of certain projectiles can sometimes increase, when a basic part of their motion is conserved and other amounts are added by various secondary factors.

188-93: *Fanciful vs. relevant digressions*

There are two kinds of digressions: some are justified by their relevance to the main argument and by the logic of the discussion, which is a complicated one where several people are involved. Others are justified by the whim of the writer or persons involved or by the intrinsic beauty rather than by the reasoned tenability of the ideas involved (F188). The digressions up to this point have been typically of the first type; an example of the latter type of digression is the follwoing fanciful (F192) speculation concerning the actual path of a falling body on a rotating earth: that the path is an arc of a circle having as a diameter the line going from the earth's center to the point from which the body was dropped. This is a path that is almost too good to be true (F192) insofar as it means that whether or not a body

is dropped or held still on a rotating earth, it would be moving (a) circularly, (b) along distances of the same lenght, and (c) with the same uniform motion.

193-6: *Unconscious knowledge*

Some knowledge is unconscious (F194) in the sense that it is possible to arrive at it by reasoning (F196), though experience may be necessary fos those who are unwilling or incapable (F196). For example, by means of Socratic questioning and hypothetical reasoning involving an analogy with arrows shot from a crossbow mounted on a moving carriage, it is possible to show to someone who initially believes otherwise, that on a rotating earth the range of eastward and of westward gunshots would not differ (F194-6).

196-206: *Hypothetical and circular reasoning*

Hypothetical reasoning is a very valuable skill, but a difficult one to master; deficiency in this skill often results in circular reasoning or arguments that beg the question. For example, when people argue that east and west gun-shots would have unequal ranges if the earth were rotating, they are reasoning as if the state of the cannon ball before firing would be one of rest even on a rotating earth; this amounts to a failure to take seriously such rotation when examining the consequences of such rotation. The same is true for the arguments from vertical fall, from vertical gunshots, from north-south gunshots, and from point-blank gunshots. In all these cases, the opponents of the earth's motion pretend to be engaging in hypothetical reasoning examining the consequences of the hypothesis that the earth moves, and yet there is one crucial step where they disregard this assumption; it is the step where the initial state of the projectile or falling body is taken to be rest.

206-9: *Critical experimentalism*

The uncritical acceptance of alleged experimental results is to be avoided. One way of being critical is to watch out for the possibility that the results have been merely hypothesized in conformity with some theory and for the possibility that the effect is so small that one cannot check its presence experimentally. For example, consider the question of whether point-blank gunshots hit high toward the east and low toward the west. The Aristotelians claim that experience shows this does not happen (and since they think it would have to happen if the earth rotated, they conclude that the earth stands still). Now, by means of a rough calculation based on certain (otherwise objectionable) Aristotelian principles, one can show that the magnitude of the effect would be about 1/25 of a 'braccio', which is experimentally undetectable.

209-14: *The proper time for experiments*

The proper time to make an experiment is when reasoning is incapable of deciding whether a phenomenon would happen, or why it does happen, or how it can happen. For example, consider the phenomenon of the flying of birds on a rotating earth. Even someone who understands very well the motion of projectiles on a rotating earth (*cf.* Sagredo's superiority over Salviati in F196-206, especially F202 and F204-5), cannot help but think that flying birds are *essentially* different, for just as a (live) bird does not do the same thing a rock does in the case of the natural motion of falling, so the bird would not do the same thing as inanimate bodies in the case of the natural circular motion along with a rotating earth (F212). Experiment can show that, for the latter type of motion, there is in reality no essential difference between an inanimate body and a bird, and that it is an irrelevant difference for them to have different sources of motion, an external projector for the projectile and an internal principle for the bird. The experiment is made under deck on a ship: one observes the behavior of flies, fish, butterflies, dripping water, rising incense, and projectiles when the ship is standing still and when it is moving. One observes no difference deriving from the state of rest or of uniform motion of the ship, and that the flies, fish, and butterflies share the common motion of the moving ship just as easily, naturally, and effortlessly as the inanimate bodies. The experiment is also very effective in answering the geostatic arguments from falling bodies and projectiles, which are criticizable in other ways as well.

214-7: *Criticizing and understanding*

Destructive criticism is more effective when preceded by constructive elaboration which strengthens the idea being criticized. For example, consider the objection to the earth's motion which claims that if the earth rotated, then all bodies on its surface would fly off into the heavens, because turning gives a body an impetus away from the center of the whirling. Before answering this objection it is better to make a logical clarification and a substantive addition. The elucidation is that the objection should properly be stated by saying that if the earth rotated, then the unattached bodies or creatures on its surface could not have come into existence on its surface; this corrects the usual version that if the earth rotated then the unattached bodies would *move away from it*, which is a virtually universally shared formulation, and which is a misstatement since it would show at best that the earth cannot *begin* rotating. The substantive addition is the evidence of a pail full of water, tied at one end of a rope, and swirled from the other end; the water will not fall out of the pail regardless of the angle of the plane of its circular motion; moreover, if a hole is made in its bottom, the water will come out through the hole in all directions, but always away from the center of the swirl.

217-23: *Knowledge and recollection*

Plato's doctrine that knowledge is a kind of recollection is in a sense true. The sense in which it is true is that knowledge is sometimes acquired by reasoning based on facts ascertainable by reflection upon certain chosen aspects of one's sense experience. For example, one can easily conclude that bodies on the surface of a rotating earth would not be extruded into the heavens after having been made, by questioning, to reflect that: (1) when a body which has been made to move along a circle is let go, it acquires a motion tangential to the point of release; (2) as the body starts moving along the tangent, it moves away from the point of tangency much more than away from the circumference, so that to prevent the body from moving away along the tangent all that is needed is for it to move a very small amount toward the circumference; and (3) bodies, however light, do have a tendency to move toward the surface (circumference) of the earth due to their weight.

223-9: *Geometry and philosophy*

Geometry is indispensable in natural philosophy. For example, only by means of geometrical considerations is it possible to understand how and why the falling tendency of a terrestrial body, however small one chooses to make it, is always sufficient to overcome any centrifugal tendency on a rotating earth and thus keep it on the surface. The main geometrical consideration is that, given an arbitrarily large ratio, one can find a point outside a circle such that the tangent from that point bears that ratio to the portion of the secant outside the circle; other reinforcing considerations are that (1) the geometry of the situation is such that the tangential tendency can be overcome by an arbitrarily small weight, even though the tangential tendency were diminishable to infinity in only one way, whereas the downward tendency were diminishable to infinity in two ways arising from the decrease in weight and from the approach to the point of tangency; and (2) the decrease of the downward tendency due to decreasing weight is not only not faster than linear but much slower.

229-37: *Mathematics and physical reality*

Mathematical truths are about abstract entities in the sense that they are statements about the necessary consqeuences of certain definitions and axioms. For example, the proposition that a sphere touches a plane in only one point is about abstract spheres and planes in that it is a necessary consequence of the definition of a sphere and the principle that a straight line is the shortest distance between two points. Mathematical truths are also about physical reality, though only conditionally; that is, a mathematical proposition is physically true if the abstract entities it is about happen to exist as material entities in physical reality. For example, the proposition that a sphere touches a plane in only one point

is true of physical reality in the sense that *if* there happen to be material spheres and planes, *then* they touch in only one point. Third, mathematical truths are *applicable* to physical reality because and insofar as material entities approach or approximate abstract ones; for when material entities do not approximate one type of abstract entity, they approximate another. For example, if and to the extent that material spheres and planes touch in more than one point, they instantiate abstract sphere and planes that are imperfect, and of these it is equally true in mathematics that they touch in more than one point. Finally, the real problem is to use the proper type of abstract entity in terms of which to interpret physical entities and processes, for though one is sure that the latter must correspond to *some* type of abstract entity or situation which is treatable mathematically, one cannot be sure of which one. It is along these lines that one could properly question the relevance of the geometrical proof given in the previous section.

237-44: *Causal investigations*

Causal investigations are important in natural philosophy. Sometimes one may want to investigate how the cause of a certain effect varies. For example, it is important to realize that in circular motion, the *cause* of extrusion or projection varies directly as the circumference speed when the radius is constant (F238 begin.) and inversely as the radius when the circumderence speed is constant (F239, 243). Sometimes one is certain about a fact but may want to know the causal explanation of it. For example, there is no doubt that equal circumference speeds produce a greater tendency to extrusion when the radius is smaller; but it is important to know « the cause why » (F238) or reason for it (F239); this is to be found by applying to the case of motion along two circles of different radii, the principle that the « moment and force » of a moving body depends on the product of weight and velocity; the application yields that the force needed to keep a given body from escaping along the tangent will be greater when greater is the speed it would need to move from the tangent back onto the circumference; and such speed is greater for the smaller circle since the circumference speeds, and hence the relevant times, are equal. Finally, sometimes a cause can be discovered by comparing its effect to a second effect whose cause is known, and using the way in which the given effect differs from the second one as a clue to how the unknown cause of the given effect differs from the known cause of the second effect. For example, in a steelyard, why does a lighter weight balance a heavier one? The cause is that the lighter weight moves more than the other. For compare the steelyard and the equal-armed balance; in the latter equal weights balance each other because they are moving equally; in the steelyard it is *unequal* weights that are balancing each other; so this must happen because they *move* unequally.

244-60: *Physico-mathematical synthesis*

It is not enough that the questions treated be important and worthwhile; it is essential that the method of treatment be worthwhile (F246). To be worthwhile the method must be both mindful of physical facts and sophisticated mathematically. For example, the problem of a body falling from the moon to the earth is a very interesting one. In dealing with it, however, a recent author has not treated it properly: first, in computing the time of fall he has arbitrarily assumed that its speed of fall would be equal to the speed of diurnal rotation at the moon, instead of determining the actual speed with which bodies actually fall (F246); second, his answer that the time would be six days seems to involve the mathematical absurdity that the radius of a circle is six times longer than its circumference (F247, 258-9). A proper treatment of the question would begin by noting the fact that falling bodies accelerate (F248), showing the mathematical sensitivity of asking by what proportion the velocity increases, ascertaining that the distances from rest vary as the square of the times, that a body falls 100 *braccia* in 5 seconds, and then using these values together with the law of squares to compute the time of fall from the moon as being about 3 1/2 hours (F248-52).

A second example (F252-56) to illustrate the proper combination of physical and mathematical considerations is the double-distance law, which states that a body would move double the distance through which it has fallen from rest if it were allowed to move uniformly at the acquired speed for a time equal to that of fall. The physical considerations involve both a pendulum and a body oscillating about the earth's center in a tunnel going from a point on the surface to the point diametrically opposite to it; here, observation in the case of the pendulum, and physical intuition in the case of the tunneled earth, tell us that the impetus acquired by the body while it undergoes acceleration is such as to enable it to move an equal distance while being *decelerated* by the same amount. The mathematical considerations involve summing up all the speeds during both acceleration and decelration and equating this sum to the sum-total of constant speeds during an imaginary second half of the motion if it had continued uniformly instead of decelerating; another mathematical consideration involves summing up all the speed during a given accelerated motion and comparing this sum (measured by a right triangle) to the sum-total for a uniform motion at a speed equal to that acquired during acceleration (measured by a rectangle twice the area of the triangle).

A third example (F256-8) of physical-mathematical synthesis involves the question of whether a pendulum would come to rest even if air resistance is disregarded. The answer is that it would because any physical pendulum is actually a series of pendulums of different lengths, due to the matter in the string, and all these pendulums are trying to vibrate at different rates and hence interfere with each other, with the slower continually slowing down the faster. The physical observation is that pen-

dulums of different lengths vibrate at different rates, the rate being faster the shorter the pendulum; the mathematical consideration is the analysis of a single material pendulum into a series of pendulums of different lengths.

260-72: *Comprehensibility and truth*

The aim of natural philosophy is understanding, not mere knowledge; not merely truth, but comprehensible turth. Hence the discussion of the comprehensibility of an idea is always relevant and important; this is especially true when it is not known whether the idea corresponds to reality, for at this stage incomprehensibility constitutes a strong reason fos rejection; when the idea is known to be true, incomprehensibility is merely a reason for doing further work. In other words, comprehensibility and truth are distinct: if an idea is comprehensible, that does not make it true, nor if it is incomprehensible, does this make it false; nevertheless natural philosophy aims at both.

A good illustration of all this is the idea of the earth's rotation and the difficulties that have been raised concerning its cause. First (F260), it would be invalid to argue that the earth cannot move because there would be no way to explain the rotation in terms of either an internal or an external principle; the reason is that ignorance of the explanation does not imply nonexistence of the effect; in other words, inexplicability does not imply falsehood.

Second (F260-1), a rotating earth would be no more inexplicable than the fall of heavy bodies, the motion of projectiles, or the alleged diurnal motion of heavenly bodies; for it is no explanation to call their respective causes « gravity », « impressed virtue », and « informing or assisting intelligence »; in other words, knowledge of the name does not imply knowledge of the essence of a cause, or, naming is not the same as understanding.

Third (F262-72), it cannot be argued that an explanation of the earth's rotation would be inconceivable, i.e., that this rotation would be inexplicable-in-principle; an explanation could always be given in terms of an internal principle, by attributing the rotation to nature and eliminating the need for an external cause. The reason is that the idea of the earth's rotation is at least as comprehensible as the diurnal motion of the heavens (which is regarded as comprehensible); moreover, there are no conceptual difficulties with the earth's rotation; what are usually mentioned as difficulties turn out to be nothing but unproblematic consequences of it. In other words, causal inexplicability, even in principle, does not imply incomprehensibility, for intrinsic comprehensibility is possible.

272-81: *The deception of the senses*

The deception of the senses can be instructive rather than a cause for despair. For many alleged deceptions are not deceptions at all, while

others are deceptions of reason rahter than of the senses. The main lesson to be learned is to be critical toward the senses, i.e., to realize that there is a difference between appearance and reality and that it is by reason that we go from sensory appearances to claims about reality (F280-1).

For example (F272-8), it would be no deception of the senses if on a rotating earth we perceived bodies falling vertically and failed to perceive any circular component in their motion; for motion exists only relative to things that do not share it, hence motion shared by an observer and an observed object does not exist for him and is imperceptible to him; on a rotating earth, the circular component of the motion of the falling body would be shared by the observer and hence would not be there to be perceived. Second (F278-9), the failure to perceive a wind due to the annual motion would not be a decpetion of the senses because wind is perceivable only when air moves relative to the observer. Third (F279-80), the failure to *feel* any motion on a rotating earth would by itself be merely a sensory appearance; it would generate a deception only if one went on to say that therefore the earth stands still since if it moved one would be able to feel its motion; but this would be a deception of reasoning, not of perception, since the error would be in assuming that one can feel mere motion, whereas experience with navigation shows that one can only feel *changes* of motion.

281-8: *Inconceivability-claims and facts*

It is wrong to argue that a doctrine is false because it has conceptual difficulties, that is difficulties concerning the way in which it *could* conceivably be true (F287); in other words, it is wrong to say that something is not the case because there is no way to conceive *how* it *could* be the case. It is wrong to draw factual conclusions from inconceivability claims. The problem is that inconceivability claims frequently end up being falsified by factual discoveries. For example, it is wrong to argue that the earth does not move on the grounds that there is no way to conceive how a simple body like the earth could have the three distinct motions that it is supposed to have according to Copernicus. For the only factual content of this inconceivability claim is that there is no way for the earth to have its different motions the way that an animal can move in various ways; on the other hand, the earth could mgve with more than one motion the way that Saturn, the sun, Jupiter's satellites, and loadstones have been discovered to do.

289-90: *The primacy of nature over man*

It is wrong to argue that something is the case because it fits well our understanding, for nature is prior to the human mind. For example, it is wrong to argue that different substances must behave differently otherwise we could not come to know them; what's wrong with this is that it is

empty of factual content; insofar as it does refer to natural reality the principle must be qualified to specify the difference in behavior. In other words, though we know a priori that different substances muts behave differently in *some* way (in order to be different), it does not follow from this that they must behave differently in a particular given manner. For example, there is no necessity for water and air to have to behave differently with respect to their circular diurnal motion on a rotating earth; for even on a rotating earth they would retain enough differences.

290-3: *Logical distinctions*

One should not confuse (F293) rhetorical appeals with arguments any more than sound with unsound arguments, or the correctness of an argument-form with the truth of premises. Examples of mere rhetorical appeals are the following: to say, as the Aristotelians do, that it is more fitting to have the earth at the center of the universe (rather than between Mars and Venus) because that way there is a better separation of the pure (heavenly bodies) from the impure (earth); or to say, more plausibly, that it is worse to have the (impure) earth at the center because this would be like having a lazaretto in the heart of a city; or to say, with Copernicus, that it is more fitting to have the sun at the center because this sould be like having a great lamp in the middle of a temple so that it can best illuminate all places. An example of an unsound argument is to say that the sun and stars move because they are more like the planets than the earth is, and this is so because the sun, stars, and planets are all incorruptible and unchangeable, while the earth is not; the Aristotelians beg the question here since they base their last premise (the corruptible/incorruptible distinction) on the difference with respect to motion of the earth on the one hand and all the other bodies on the other. An example of an argument with valid form but false premise is to say that the sun and stars move because they are more similar to the planets than the earth is, and this is so because the sun, stars, and plantes are all *luminous*, whereas the earth is not; here the last premise is not true; the planets are not luminous. Thus the following has both valid argument form and true premises: the planets and the earth are alike in that they all lack their own light, and they all differ from the sun and stars, which have their own light; since the planets obviously move, the earth probably does also, but the sun and stars do not.

293-8: *The superficiality of abstract answers*

It can be a sign of superficiality (F295) to ignore the empirical-factual aspect of a question and deal only with its conceptual-verbal aspect in cases when the two approaches suggest conflicting answers. For example, consider the question of which is more probable and credible: the Copernican commitment to immense stellar distances, or the Ptolemic

commitment to immense stellar speeds of diurnal motion; and consider Kepler's argument that the Copernican view is more probable because it is harder to conceive a property beyond the model of the subject than to increase the subject without the property. It is true but irrelevant to object that Ptolemy's immense diurnal stellar speeds are not inappropriate, in the sense that they are just the right ones needed to complete merely one revolution per day at their distance from the center. It is much more important that those speeds are inappropriate in the sense that they go against the norm, observable in the revolutions of the planets and of Jupiter's satellites, namely that the speed of revolution decreases and the period increases as the distance from the center increases.

M. A. F.

ACKNOWLEDGMENTS

The author gratefully acknowledges the financial support from the National Science Foundation (USA) received on grant No. Soc 76-10220.

BIBLIOGRAPHY AND NOTES

1 L. LAUDAN, *G. L. Le Sage: A Case Study in the Interaction of Physics and Philosophy*, in P. SUPPES *et al.* (eds.), *Logic, Methodology, and Philosophy of Science* IV, Amsterdam, 1973, pp. 429 ff.; *The Methodological Foundations of Mach's Anti-Atomism and Their Historical Roots*, in P. K. MACHAMER and R. G. TURNBULL (eds.), *Motion and Time, Space and Matter. Interrelations in the History of Philosophy and Science*, Ohio State University Press, Columbus, 1967, pp. 390-417; *The Sources of Modern Methodology*, Invited address at the Fifth International Congress of Logic, Methodology, and Philosophy of Science, University of Western Ontario, London, Canada, September 2, 1975; and *The Epistemology of Subtle Fluids*, presented at the annual meeting of the History of Science Society, Atlanta, Georgia, U.S.A., December 29, 1975.

2 P. FEYERABEND, *Against Method*, Humanities Press, Atlantic Highlands, N. J., 1975; *Machamer on Galileo*, Studies in History and Philosophy of Science, 1974-1975, 5: 297-304; *Problems of Empiricism, Part II*, in R. G. COLODNY (ed.), *The Nature and Function of Scientific Theories*, University of Pittsburgh Press, Pittsburgh, Pa., 1970, pp. 275-353; *Contro il metodo*, Lampugnani Nigri, Milano, 1973; and *I problemi dell'empirismo*, Lampugnani Nigri, Milano, 1973.

3 E. GELLNER, *Beyond Truth and Falsehood*, British Journal for the Philosophy of Science, 1975, 26: 331-342; P. K. MACHAMER, *Feyerabend and Galileo: The Interaction of Theories, and the Reinterpretation of Experience*, Studies in History and Philosophy of Science, 1973, 4: 1-46.

4 *Webster's Third New International Dictionary*, Merriam, Springfield, Mass., 1971, p. 1223.

5 This approach is somewhat analogous to T. S. KUHN's approach to the analysis of theory-choice in terms of individual decisions in the light of certain scientific values which do not however predetermine the decision. *Cf.* his *Reflections on my Critics*, in I. LAKATOS and A. MUSGRAVE (eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge University Press, Cambridge, 1970, pp. 231-278, especially pp. 235-241 and 259-266.

6 Two sets of page numbers are provided: those before the slash refer to G. GALILEI, *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, vol. VII of *Opere*, Edizione Nazionale, edited by A. FAVARO, Barbera, Firenze, 1890-1909 and later editions; the numbers after the slash refer to G. GALILEI, *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems*, translated by S. DRAKE, University of California Press, Berkeley, 1953 and later editions.

7 The page references here are all to the Edizione Nazionale of GALILEO's *Opere*, both the references in the various subheadings, and those in parenthesis in the text. The latter numbers are preceded by an 'F', which is short for 'Favaro', as a reminder that the Edizione Nazionale is being referred to.

La filosofia della scienza di Galileo

Parte I: Uno studio sul ruolo del giudizio e del filosofare nella scienza

MAURICE A. FINOCCHIARO
University of Nevada, Las Vegas

INTRODUZIONE

In numerosi saggi e articoli[1] Laurens Laudan ha sostenuto la tesi secondo cui le concezioni epistemologiche e metodologiche della scienza sarebbero emerse, storicamente, dalla pratica scientifica, e conseguentemente lo sviluppo della filosofia della scienza verrebbe alterato da quegli studiosi che attribuiscono un'importanza primaria alle idee dei principali filosofi, ad esempio Locke, Hume e Mill. Essenzialmente Laudan ha cercato di risalire all'origine delle dottrine metodologiche e epistemologiche moderne (intendendo come tali le dottrine comunemente accettate) analizzando i lavori di scienziati praticamente sconosciuti del diciottesimo secolo che erano stati costretti a formulare concetti come quello del metodo ipotetico per difendere le loro teorie scientifiche concrete. La sua analisi, tuttavia, non è servita semplicemente a scoprire nuovi fatti su chi (e come e quando) avesse formulato per primo, oppure avesse successivamente sviluppato, un certo concetto divenuto ormai corrente per la filosofia della scienza, ma ha anche contribuito ad una maggiore comprensione di personaggi di primo piano, come Galileo. Questa maggiore comprensione diventa possibile qualora si esamini l'interrelazione fra la concezione filosofica di uno scienziato e la sua attività scientifica, così che le sue osservazioni filosofiche possano essere analizzate alla luce delle sue discussioni scientifiche. In altre parole, per comprendere la concezione della scienza di un determinato autore, il primo passo da fare, che è anche il più importante, consiste nello studiare il rapporto fra le sue concezioni filosofiche e la sua attività scientifica piuttosto che nell'analizzare il rapporto astratto fra le diverse concezioni filosofiche. Questo articolo è quindi, almeno in parte, un capitolo della storia della filosofia della scienza così come è stata suggerita da Laudan.

Inoltre questo lavoro è a sostegno di una versione qualificata della metodologia anarchica della scienza di Feyerabend. La tesi principale di questo autore, nelle sue formulazioni più estremistiche e più radicali, si confuta da sé e non merita neppure una critica seria, di cui invece è stata oggetto[3], ma piuttosto un rifiuto sommario. Tuttavia, in tutto il suo discorso anarchico contro il metodo e in favore del « Tutto va bene », vi è un elemento di grande valore. È mia opinione che Feyerabend stia brancolando per giungere al concetto di 'giudizio'. È indubbio che una filosofia della scienza basata sul giudizio non può attribuire grande valore al metodo nella ricerca scientifica, intendendo per metodo l'insieme delle regole esplicitamente formulabili ai fini dell'esecuzione della ricerca. Tuttavia, la mancanza di metodo non significa che tutto possa andare bene, ma piuttosto che il giudizio deve sostituire il metodo. Questa non è la sede adatta per formulare una teoria sul giudizio, ma ai fini della nostra discussione diremo che il giudizio in generale è « il processo mentale o intellettuale di forma-

zione di un'opinione ... attraverso il discernimento e il confronto »[4] mentre il giudizio scientifico è la capacità di equilibrare appropriatamente, in una situazione concreta, le esigenze proprie di attività come l'osservazione e la speculazione, l'analisi matematica (quantitativa) e le considerazioni di ordine qualitativo, la critica (negativa) e l'articolazione costruttiva, l'antiautoritarismo e il tradizionalismo, l'anti-verbalismo e la analisi logica. Il carattere scientifico del giudizio risiede nei particolari tipi di esigenze che vengono indicati in un elenco del genere, e che sarebbero (o almeno dovrebbero essere) sufficienti a distinguere l'indagine scientifica dalle altre attività umane[5]. Questo punto di vista nega che « tutto va bene » nella scienza, nella misura in cui afferma che le scoperte scientifiche sono il risultato dell'abile sintesi di queste attività, e non di altre. Nello stesso tempo questa impostazione può ritenersi convalidata praticamente da tutti gli argomenti di Feyerabend contro il metodo, nella misura in cui asserisce che il progresso scientifico non deriva dall'adesione immediata e totale ad una o all'altra di queste attività. Inoltre, l'uso esplicito del concetto di giudizio chiarisce una cosa che viene di solito passata sotto silenzio nelle discussioni di e su Feyerabend; e cioè, che anche quando si trovano casi di progresso scientifico risultanti da una simile adesione totale, se ne deve semplicemente dedurre che è stata una forma di giudizio a determinarla. Il bello del giudizio o, per esprimersi in modo più neutrale, il grande potere esplicativo del concetto di giudizio, sta nel fatto che esso può essere usato nella maniera appena descritta.

Infine, l'indagine svolta in queste pagine tenta di scoprire quale fosse la filosofia della scienza in Galileo. Data l'importanza di Galileo, lo studio di questo problema ha un rilievo che non richiede di essere ulteriormente sottolineato. Può essere invece opportuno spiegare il perché di una nuova interpretazione, che viene ad aggiungersi alle molte già esistenti. Per rendere conto di ciò, la prima cosa da fare è distinguere l'opera scientifica di Galileo, o la sua prassi, o, secondo l'abituale terminologia, il suo « metodo », dalla sua teoria o filosofia o visione *della* scienza, osservando che la maggior parte degli scritti filosofici di Galileo analizzano la sua prassi scientifica piuttosto che la sua filosofia della scienza; sono cioè analisi del significato filosofico del suo lavoro, più che del contenuto filosofico di esso. Naturalmente, nel fatto di indagare sul significato filosofico non c'è nulla di male; anzi, quest'indagine è almeno altrettanto importante quanto quella sul contenuto filosofico; tuttavia le due cose non sono equivalenti. La differenza che c'è fra l'una e l'altra si potrebbe definire in questo modo: il contenuto filosofico si riferisce alla filosofia esplicitamente discussa da Galileo, mentre il significato filosofico si riferisce alla filosofia che è implicita nella sua scienza. Quindi, parlare della filosofia della scienza di Galileo vuol dire necessariamente esporre i punti di vista filosofici che Galileo ha più o meno esplicitamente sostenuto. L'espressione « più o meno esplicitamente » significa che io ammetto che le sue vedute filosofiche non sono sempre esplicite in egual misura; e ammetto anche che vi sono casi limite difficili da giudicare. Però qualunque affermazione sulla filosofia della scienza di Galileo deve basarsi sempre su elementi forniti dalle sue stesse parole.

Per aggiungere un ulteriore chiarimento sulla distinzione fra contenuto filosofico e significato filosofico, cioè fra filosofia esplicita e implicita, richiamerò l'attenzione su un risultato particolare dello studio svolto in queste pagine. La presente indagine è costituita da un'analisi dell'intero *Dialogo Sopra i Due Massimi Sistemi del Mondo*, suddivisa in 55 brani contigui, ciascuno dei quali può essere letto come l'illustrazione, per mezzo di uno o più esempi scientifici, di una o più asserzioni filosofiche. Ogni brano dimostra che Galileo era giunto a realizzare un'accortissima combinazione di pratica scientifica e riflessione filosofica. Tale sintesi di scienza e filosofia è, ripeto, esemplificata 55 volte, così che ogni singola parte del libro può essere ricondotta ad essa.

Ci troviamo così di fronte alla prova lampante che nell'opera è implicita una filosofia secondo la quale bisogna operare una sintesi di teoria e prassi; bisogna cioè illuminare la propria esperienza e agire sui propri pensieri. Questa visione filosofica contiene elementi socratici e pragmatici, ma in Galileo è comunque del tutto non esplicita: sarebbe assolutamente sbagliato attribuirgli tale dottrina. Ora, diversamente da questa particolare dottrina, tutte le tesi filosofiche attribuite a Galileo nell'analisi qui svolta sono da lui sostenute con maggiore o minore consapevolezza. Ecco in che senso la presente analisi tratta del contenuto filosofico del *Dialogo*. In secondo luogo, di tutti i testi galileiani propriamente definibili come esposizioni della sua filosofia della scienza, quasi nessuno costituisce, a mio avviso, un'analisi sistematica. In linea di principio, un tentativo sistematico volto a comprendere la filosofia della scienza di un determinato autore dovrebbe tradursi sia nello sforzo di capire *ogni* asserzione filosofica da lui fatta, sia in quello di capire tale osservazione *entro il contesto* in cui è stata fatta. In generale, le discussioni su questo argomento consistono nell'analisi di un gruppo di osservazioni filosofiche di Galileo scelte arbitrariamente, e per di più avulse dal loro contesto. Nello studio qui presentato io ho selezionato tutte le osservazioni filosofiche contenute nel *Dialogo*; dando per scontata la necessità di una scelta, ritengo che quella da me compiuta sia la meno arbitraria, nel senso che il libro in questione è, fra quelli scritti da Galileo, il più ricco di contenuto filosofico e il più importante secondo l'opinione dello stesso autore, ed è inoltre un'opera non trascurabile per il suo contenuto scientifico. Inoltre questa scelta presenta un grande vantaggio, derivante dal duplice aspetto filosofico e scientifico dell'opera; tale vantaggio è quello di poter svolgere l'analisi contestuale nel modo migliore, data la possibilità di utilizzare qua e là un'osservazione filosofica particolarmente esplicita per far luce su una o più discussioni scientifiche concrete, oppure di sfruttare la chiarezza di una certa trattazione scientifica per render conto di varie osservazioni filosofiche relativamente poco esplicite, ma effettivamente presenti. In terzo luogo, le poche sistematizzazioni già esistenti della filosofia della scienza di Galileo si riferiscono tutte a quella che si potrebbe chiamare una filosofia della scienza *galileiana*, piuttosto che la filosofia della scienza *di Galileo*. In altre parole, esse non spiegano il contenuto filosofico della sua opera, ma sono invece elaborazioni teoriche di tale contenuto, sono cioè tentativi di sistematizzarlo, più che di scoprirlo e portarlo alla luce. Ciò è ovviamente ancor più contestabile quando la sistematizzazione è prematura, nel senso che si fonda su una comprensione inadeguata delle asserzioni che si vogliono sistematizzare. Comunque, anche nel caso che non sia prematura, tale sistematizzazione dà luogo ad una filosofia della scienza che si può definire galileiana, ma non di Galileo, essendo assolutamente certo che, per quanto riguarda il metodo e la conoscenza scientifica, Galileo non è un pensatore sistematico, dato che non possiede un gruppo relativamente ristretto di principi fondamentali, logicamente unitari, in termini dei quali possano essere spiegati tutti i fatti cui essi si riferiscono. Ciò non significa che egli non sia un filosofo, ma piuttosto che è un filosofo di tipo particolare, un filosofo non sistematico, molto simile a quello che era Socrate nel campo della filosofia morale. L'elemento che caratterizza questo genere di filosofia non sistematica (o, per usare un termine più elogiativo, socratica) è una costante ed attiva disponibilità a riflettere su ciò che si fa allo scopo di comprenderlo e giustificarlo, quando questo diviene necessario in determinate situazioni concrete, e anche la disponibilità ad evitare le incongruenze quando esse divengono evidenti; oppure, per non spostare la descrizione troppo a favore del primato della prassi sulla riflessione, potremmo dire che si tratta di un'abile applicazione della filosofia alle attività concrete, cioè del mettere concretamente in pratica i concetti filosofici. Quando queste riflessioni sono centrate su concetti come la verità, la conoscenza, il metodo, la natura, la realtà

fisica, la matematica, l'esperienza sensibile, allora abbiamo quel caso particolare di filosofia socratica che è Galileo; quando invece i concetti sono quelli di saggezza, bontà, giustizia, pietà, vita umana, abbiamo il caso di Socrate.

PROFILO FILOSOFICO DEL 'DIALOGO' DI GALILEO

Pagine[6]	*Argomento filosofico*
PRIMO GIORNO	
33-8/9-14	Ragionamento matematico e misticismo numerico
38-57/14-32	Schemi concettuali
57-9/32-5	Esperienza sensibile
59-71/35-47	L'autorità di Aristotele come logico
71-82/47-57	Il ruolo dell'autorità nella filosofia della natura
82-95/57-70	Teleologia e antropocentrismo
95-112/71-87	La necessità degli esperimenti
112-7/87-91	Consapevolezza cognitiva
117-24/91-98	Diverse categorie di errori
124-31/98-105	Le capacità della comprensione umana
SECONDO GIORNO	
132-9/106-14	L'indipendenza di pensiero e il cattivo uso dell'autorità
139-50/114-24	Semplicità e probabilità
150-9/124-33	Liberalità di idee e razionalità
159-69/133-43	Analisi logica
169-80/143-54	Il ragionamento, l'esperienza, e il metodo socratico
180-8/154-62	Il metodo socratico: la comprensione e la conoscenza-informazione
188-93/162-7	Digressioni fantasiose e digressioni pertinenti
193-6/167-71	Conoscenza inconscia
196-206/171-180	Ragionamento ipotetico e circolare
206-9/180-3	Sperimentalismo critico
209-14/183-8	Quando fare un esperimento
214-7/188-90	Critica e comprensione
217-23/190-7	Conoscenza e reminiscenza
223-9/197-203	Geometria e filosofia
229-37/203-10	Matematica e realtà fisica
237-44/210-8	Indagini causali
244-60/218-33	Sintesi fisico-matematica
260-72/233-47	Comprensibilità e verità
272-81/247-56	L'illusione dei sensi
281-8/256-64	Pretese di inconcepibilità e fatti
289-90/264-6	Il primato della natura sull'uomo
290-3/266-9	Distinzioni logiche
293-8/269-75	La superficialità delle risposte astratte

33-8: *Ragionamento matematico e misticismo numerico*[7]

Il ragionamento matematico non dovrebbe essere confuso con il misticismo numerico, così come quest'ultimo non dovrebbe essere confuso con il matematicismo pitagorico o platonico; quindi il ragionamento matematico non dovrebbe essere escluso, in linea di massima, dallo studio della natura. Un esempio di misticismo numerico è la spiegazione aristotelica della tridimensionalità del mondo basata sulla perfezione del numero tre. Un esempio di autentico ragionamento matematico è quello secondo cui il mondo è tridimensionale in quanto non vi possono essere più che tre linee rispettivamente perpendicolari ad attraversare un dato punto. La chiarezza intuitiva (F36) di questo esempio dimostra che non è impossibile usare argomentazioni matematiche nella filosofia della natura.

38-57: *Schemi concettuali*

Gli schemi concettuali («precetti d'architettura» F40, F42-3) dovrebbero essere formulati indipendentemente dalle considerazioni empiriche. La teoria aristotelica del moto semplice (naturale) (F38-43) è uno schema concettuale in quanto è la base

concettuale della distinzione terra-cielo. Essa si basa su considerazioni empiriche in quanto stabilisce un'equivalenza fra (1) linee semplici e linee rette e circolari, escludendo quindi l'elica cilindrica; (2) rette e sopra o sotto; (3) linee circolari e linee intorno al centro dell'universo; (4) vari moti semplici e moti naturali di diversi corpi semplici; e (5) corpi dotati di moto naturale semplice rettilineo e terra e fuoco. Uno schema concettuale più corretto è fornito dalla teoria del moto circolare universale (F43-57) secondo cui, in un universo ben ordinato, tutti i corpi mobili dovrebbero muoversi con moto circolare. Questa teoria si basa sulla seguente distinzione concettuale: i moti rettilinei e circolari rappresentano due diversi stadi del moto naturale; il moto rettilineo può essere acquisito naturalmente ma non può continuare naturalmente all'infinito, mentre il moto circolare può continuare naturalmente all'infinito ma non può essere acquisito naturalmente in assenza di moto rettilineo.

57-9: *L'esperienza sensibile*

L'esperienza sensibile non può essere rifiutata, ma dovrebbe essere trattata criticamente, in quanto essa è suscettibile di diverse interpretazioni, per cui non si dovrebbe presumere che la propria interpretazione sia l'unica possibile. Di conseguenza sarebbe ingenuo rifiutare la teoria del moto circolare universale adducendo come motivo il fatto che essa è in contrasto col moto naturale dall'alto in basso dei corpi terrestri e quindi viola il principio secondo cui l'esperienza sensibile dovrebbe prevalere su qualsiasi ragionamento. In realtà, l'esperienza sensibile ci dice semplicemente che questo moto dall'alto in basso sembra essere rettilineo; ma considerarlo realmente rettilineo significa accettare acriticamente il principio secondo cui il moto verticale apparente implica un moto verticale reale; ma questa deduzione, come si vedrà in seguito, non ha alcun fondamento. In altri termini, all'empirismo ingenuo si deve preferire l'empirismo critico il quale si basa essenzialmente sull'analisi e sulla sintesi logica (ragionamento, pratica logica).

59-71: *L'autorità di Aristotele come logico*

L'autorità di Aristotele come logico non è indiscutibile e in ogni caso essa riguarda il campo della teoria logica piuttosto che quello della prassi logica. La sua autorità nella prassi logica non può essere basata sulla sua indiscussa autorità di teorico, e può trovare sostegno solo nell'esattezza dei suoi ragionamenti. Per fare ciò è necessario procedere all'analisi logica delle sue argomentazioni, analisi che chiunque dovrebbe avere il diritto di intraprendere. E quando lo si fa si scopre che la logica aristotelica, intesa come pratica, lascia molto a desiderare. Si consideri ad esempio l'argomentazione di Aristotele secondo cui il centro dell'universo sarebbe il punto verso il quale cadono i corpi pesanti. L'analisi logica rivela che questa argomentazione racchiude una petizione di principio in quanto dà per scontato che, nell'allontanarsi dalla circonferenza terrestre, i corpi leggeri si muovano o (1) verso un cerchio più ampio concentrico al centro dell'universo, oppure (2) lungo linee che, prolungate nella direzione opposta, attraversano il centro dell'universo. Oppure si considerino le argomentazioni aristoteliche sulla immutabilità dei cieli, argomentazioni che hanno come base il moto circolare naturale dei corpi celesti; l'analisi dei concetti corrispondenti a moto naturale e a moto circolare (questa analisi concettuale è una specie di analisi logica) ha rivelato che tutti i corpi mobili devono muoversi con moti circolari. Ne consegue un'unica alternativa possibile in questo contesto: *o* la terra è immutabile, come gli altri corpi celesti, *oppure* il cambiamento non ha niente a che vedere con i diversi tipi di moto. Oppure si consideri l'argomento derivante dalla contrarietà, nel quale, mediante l'analisi logica, si individuano vari errori: (1) si basa su un assunto (la premessa secondo cui esisterebbe un rapporto fra il cambiamento e la contrarietà) che è persino più problematico e discutibile della principale conse-

guenza che ne deriva (e cioè che la terra è immobile); (2) si auto-contraddice in quanto suggerisce un'argomentazione parallela secondo cui anche i corpi celesti sarebbero suscettibili di cambiamento; (3) è privo di fondamento nella misura in cui la contrarietà fra rarità e densità esiste nei cieli; infine (3) è ambiguo in quanto i vari «corpi» menzionati a volte indicano corpi *interi*, a volte *parti* dei corpi.

71-82: *Il ruolo dell'autorità nella filosofia della natura*

L'autorità di Aristotele nel campo della filosofia della natura è di scarso o di nessun valore in quanto accettarla significa rifiutarla in favore dell'esperienza sensibile diretta. E ciò è dimostrato sia dal suo esempio che dalle sue parole. Si prenda il problema dell'immutabilità celeste. Gli argomenti *a priori* a suo sostegno sono già stati esaminati e si sono rivelati inconcludenti (F76); inoltre è probabile che essi siano indicativi del suo metodo di giustificazione piuttosto che di indagine, mentre quest'ultimo presumibilmente si riflette nell'argomento *a posteriori*. Si consideri quindi questo argomento. Dal punto di vista logico esso è errato (F71-5); ma il procedimento («modo di filosofare», F75) di Aristotele è tale che, seguendolo, si giunge alla conclusione che i cieli possono essere soggetti a mutamenti. Infatti Aristotele conclude che i cieli sono immutabili in quanto non vi sono dei cambiamenti visibili; ma seguendo lo stesso metodo si potrebbe concludere che i cieli possono mutare in quanto si vedono alcuni cambiamenti (F76-80); conseguentemente, l'accettazione dell'esempio di Aristotele, nelle questioni di metodo, induce a rifiutarne l'autorità per quanto riguarda l'asserzione dell'immutabilità dei cieli e a basarsi piuttosto sull'esperienza sensibile. Secondo Aristotele uno dei principi fondamentali è che l'esperienza sensibile debba prevalere su qualsiasi ragionamento, e questo principio è più importante dell'affermazione dell'immutabilità dei cieli. Quindi, tenendo conto dell'esperienza sensibile possibile oggigiorno e del ragionamento di Aristotele, quest'ultimo principio implica una maggiore conformità con le concezioni aristoteliche nell'affermare che il «cielo è mutabile, come ci dimostra la nostra esperienza sensibile», piuttosto che «il cielo è immutabile, come è giunto a concludere Aristotele col suo ragionamento». Così, se si accettano le convinzioni di Aristotele al riguardo delle questioni metodologiche, si deve lasciar prevalere la propria esperienza sensibile a scapito delle sue conclusioni, e quindi rifiutarne l'autorità.

Si potrebbe anche concludere che nessuna autorità può avere un valore metodologico per la filosofia della natura, sebbene sia facilmente comprensibile il senso di sicurezza che deriva dal far riferimento a una autorità (F81): infatti il metodo seguito da Aristotele nelle sue argomentazioni *a posteriori* in favore dell'immutabilità celeste non è un esempio isolato, anzi gli argomenti *a posteriori* precedono metodologicamente quelli *a priori*, in quanto i primi riflettono il metodo di indagine e i secondi il metodo di giustificazione (F75-6).

In altre parole, l'esempio concreto di Aristotele e l'immutabilità del cielo mostrano che qualora si accetti l'impostazione metodologica, qualora si operi una distinzione fra le asserzioni metodologiche di un autore e le sue asserzioni sostanziali, qualora si distingua la teoria dalla pratica metodologica senza trascurare gli apporti di questa ultima oltre che la stretta osservanza della prima, qualora si faccia una distinzione fra metodi di indagine e metodi di giustificazione e qualora si ritenga che l'argomentazione *a posteriori* è il tipico metodo di indagine mentre quella *a priori* è il tipico metodo di giustificazione, è impossibile che un'autorità abbia un valore metodologico.

82-95: *Teleologia e antropocentrismo*

L'antropocentrismo teleologico è quella tesi secondo cui l'intero universo esiste in funzione esclusiva dell'uomo (F84, 85). La seguente argomentazione aristotelica è un buon esempio di ragionamento teleologico e

antropocentrico (F83-85, cfr. F109): (1) i cambiamenti renderebbero imperfetti i corpi celesti, in quanto tali cambiamenti non sarebbero di nessuna utilità o beneficio per l'uomo, e quindi sarebbero superflui; conseguentemente (2) per i corpi celesti l'immutabilità equivarrebbe al loro modo di essere perfetti; (3) ma i corpi celesti sono immutabili, poiché i cambiamenti celesti sarebbero vani e inutili, per cui non vi sono cambiamenti; ne consegue che (4) i corpi celesti sono perfetti, possiedono cioè tutte le perfezioni. In questo esempio l'antropocentrismo teleologico è sottinteso nei passaggi (1) e (3). Questa dottrina è discutibile per almeno due ragioni. In primo luogo, l'antropocentrismo teleologico potrebbe avere una giustificazione valida se il corpo celeste su cui vive l'uomo, e cioè la terra, fosse specificamente diverso dagli altri corpi presenti nell'universo. Ma è sufficiente confrontare la terra con il corpo celeste ad essa più vicino, la luna, per trovare alcune somiglianze (F87-95): infatti entrambe sono sferiche, opache, solide, hanno una superficie irregolare e non brillano di luce propria; ognuna illumina ed eclissa l'altra e mostra fasi e luminosità diverse a seconda della posizione reciproca. In secondo luogo, l'antropocentrismo teleologico porta a conclusioni, come quella sopra accennata della perfezione dei corpi celesti, che possono rivelarsi errate. Infatti la luna ha una superficie irregolare, invece che perfettamente liscia, in quanto essa è visibile, invece di invisibile, e rivela il suo aspetto montuoso al telescopio (F87-8, cfr. F95-112).

95-112: *La necessità degli esperimenti*

A volte gli esperimenti sono necessari (F100, 101, 108) per la filosofia della natura. Ciò si verifica quando i fenomeni avvengono in modo contrastante con le idee intuitive (F96), come nel caso della luna e del modo in cui essa riflette la luce del sole. Ad esempio, (1) se si appende uno specchio ad una parete e si confronta il modo in cui lo specchio e la parete riflettono la luce, si può osservare che la parete sembra più luminosa dello specchio quando la si guarda da tutti i punti tranne uno, e precisamente quello in cui arriva il riflesso dello specchio (F96-8). Oppure, (2) si provi a far riflettere la luce del sole su una parete vicina mediante uno specchio piatto e uno specchio sferico: si vedrà che lo specchio sferico non ha nessun effetto rilevante nell'illuminare gli oggetti circostanti (F100-1). Oppure, (3) si pieghi un foglio di carta e si faccia in modo che una parte del foglio riceva la luce perpendicolarmente, l'altra obliquamente: quest'ultima risulterà meno illuminata della prima (F105). E ancora, (4) si pieghi un foglio di carta in due parti disuguali, facendo in modo che la luce illumini perpendicolarmente la parte più piccola e obliquamente quella più grande e si osservi il foglio da un angolo da cui le due parti risultino uguali; si vedrà che anche in questo caso la parte illuminata obliquamente appare meno luminosa dell'altra (F108-9). Dai primi due esperimenti si può arguire che se la superficie della luna non fosse irregolare, essa sarebbe invisibile (F96-105); gli ultimi due fanno supporre che se la sua superficie non fosse irregolare, la luna piena apparirebbe più brillante al centro e più scura verso l'estremità (F105-9). Un altro caso di necessità degli esperimenti nella filosofia della natura si ha qualora sia necessario accertare con relativa precisione dei fatti importanti, oppure qualora sia disponibile un modello che riproduce la situazione naturale, come quando si cerca di spiegare l'aspetto irregolare della superficie lunare vista al telescopio in base a differenze di opacità e di trasparenza. Questa spiegazione non può essere confutata da considerazioni di ordine generale, ma solo dai dettagli specifici di quanto appare al telescopio, che possono essere tutti riprodotti da una sfera solida e opaca sottoposta a illuminazioni differenti, mentre non si può riprodurne nessuno con una sfera solida la cui trasparenza non sia uniforme (F111): così si vedrà (F112) che le varie protuberanze illuminate formano delle ombre; che la lunghezza di queste ombre varia a seconda della distanza che separa la protuberanza

dal confine luce/oscurità; che questo confine è estremamente irregolare; che nella regione scura, al di là del confine, ci sono molte protuberanze illuminate; che nella regione illuminata la lunghezza delle varie ombre diminuisce fino alla scomparsa delle ombre stesse quando l'intero emisfero è illuminato; e che poi, quando l'oscurità comincia ad aumentare, le stesse protuberanze diventano riconoscibili e gettano ombre di lunghezza crescente.

112-7: *Consapevolezza cognitiva*

I contenuti intellettuali della mente umana non sono sempre accessibili all'introspezione, né sono meglio noti alla persona cui appartengono. Ciò vale sia per i motivi reali che giustificano le proprie credenze, sia per quelle verità che si conoscono senza sapere di conoscerle. Ad esempio, qualcuno potrebbe *affermare* che la ragione per cui ritiene che la terra non possa riflettere la luce solare altrettanto bene quanto la luna risiede nell'opacità e nell'oscurità della terra (F112-3). Tuttavia un'indagine approfondita rivelerà che la vera ragione è un'altra: mentre la terra appare illuminata solo durante il giorno, la luna brilla anche di notte, e da qui deriva l'errore di confrontare la luce lunare vista da un luogo buio (di notte) con la luce terrestre vista da un luogo illuminato (di giorno). E ciò porta naturalmente a concludere che la luna rifletta la luce meglio della terra. Un esempio di conoscenza non consapevole è la convizione che la terra possa riflettere la luce altrettanto bene quanto la luna (F115); qualcuno potrebbe pensare di credere il contrario, ma un controinterrogatorio rivelerà che conosce tutti i dati che portano alla giusta conclusione, e cioè: che la luna appare più luminosa di notte che di giorno, che durante il giorno ha la stessa luminosità delle nuvole, e che la luce della terra non può essere vista durante la notte. Un altro esempio di conoscenza non consapevole è la convinzione che la lieve luminosità della parte scura della luna sia luce riflessa dalla terra sulla luna (F115-6).

Implicitamente questi esempi illustrano anche l'importanza, al fine della soluzione delle controversie, delle ragioni che determinano le convinzioni. Infatti, qualora queste ragioni si dimostrino errate, come nel primo esempio sopra riportato, sovente diventa cosa semplice individuare la giusta conclusione a cui giungere, come nel secondo esempio.

117-24: *Diverse categorie di errori*

Esistono diverse categorie di errori e non tutti gli errori sono ugualmente colpevoli. Il sostenere una teoria errata da parte del suo ideatore, oppure in un periodo in cui non esistono teorie migliori, è un errore metodologico di portata minore. Se invece qualcuno si fa sostenitore di una teoria decisamente errata in un'epoca in cui si è già a conoscenza di una teoria migliore, ciò può esercitare un richiamo solo sulle masse ignoranti. Recentemente, ad esempio, si è assistito a un risveglio di interesse metodologicamente discutibile per la vecchia teoria secondo cui la luminosità della parte oscura della luna sarebbe dovuta alla luce solare che riesce a filtrare attraverso il corpo, almeno in parte trasparente, della luna. L'autore che si è fatto sostenitore di questa teoria afferma anche altre falsità evidenti, dichiarando che tale luminosità è maggiore ai bordi rispetto al centro, e che durante le eclissi solari la porzione di disco lunare non nascosta dal sole è più buia del resto.

124-31: *Le capacità della comprensione umana*

Le capacità della mente umana probabilmente non soddisfano né gli ottimisti, né i pessimisti. In primo luogo la mente umana non basta per comprendere tutto ciò che può avvenire nella natura, poiché quando si cerca di capire a fondo qualcosa ci si rende conto di quanto poco si sappia (come rivela l'esempio di Socrate). Inoltre, la mente umana è infinitamente inferiore a quella divina, sia per il numero di proposizioni note, sia per il modo di conoscerle; in-

fatti Dio ha presente simultaneamente nella Sua mente un numero infinito di proposizioni, senza dover ricorrere a un processo graduale di conoscenza. D'altra parte la mente umana può conoscere alcune proposizioni (ad esempio quelle della matematica) con « certezza oggettiva » (F129), uguale a quella divina; e non si può far altro che meravigliarsi di fronte alle realizzazioni artistiche e scientifiche dell'uomo. Un esempio della potenza limitata ma concreta della mente umana è la nostra conoscenza della luna: possiamo immaginare un gran numero di condizioni che potrebbero essere la causa delle ampie macchie scure sulla superficie lunare, ma non abbiamo nessun modo per sapere quali sono quelle vere; e, pur non conoscendo quale tipo di vita esista sulla luna, sappiamo che non può esservi niente di simile a quella terrestre in quanto il dì e la notte sono estremamente lunghi (la loro durata complessiva è di un mese), non vi sono stagioni, né piogge.

132-9: *L'indipendenza di pensiero e il cattivo uso dell'autorità*

Il modo in cui i seguaci di Aristotele hanno abusato della sua autorità è assurdo e ridicolo. Spesso, ai dati dell'esperienza sensibile essi contrappongono semplicemente l'autorità o le parole di Aristotele, invece che altri dati o almeno le *ragioni* su cui Aristotele basa i suoi convincimenti. Si immagini ad esempio qualcuno che, avendo scoperto sperimentalmente che i nervi provengono dal cervello, dichiari che potrebbe accettare questa evidenza solo se Aristotele non avesse detto che i nervi hanno la loro origine nel cuore (F133-4). Inoltre sovente essi parlano e agiscono come se nei libri di Aristotele fosse contenuto tutto lo scibile: un esempio di questa tendenza ci è offerto dal Peripatetico che cercò di dimostrare che Aristotele conosceva i principi essenziali del telescopio interpretando nel modo adatto, *ex post facto*, il passo in cui Aristotele descrive l'effetto ottenuto osservando le stelle dal fondo di un pozzo (F134-6).

L'autorità di Aristotele deriva solo in parte dalla validità delle sue affermazioni e trova il suo sostegno principale nella mancanza di indipendenza di pensiero, nell'opportunismo accademico e nell'incapacità di apprezzare quella che potrebbe essere chiamata la modestia epistemologica. Quest'ultimo atteggiamento corrisponde all'incapacità di comprendere che non solo non vi è niente di male nel riconoscere la propria ignoranza su certi problemi, ma anzi che è meglio fare così poiché comportandosi in questo modo si viene considerati con maggiore serietà (per lo meno dai filosofi seri) al riguardo di ciò che si dichiara di conoscere (F137). Un esempio di opportunismo accademico ci viene dal Peripatetico che aveva scritto un libro sull'anima nel quale, facendo riferimento a passi poco conosciuti, negava che Aristotele ne avesse sostenuto l'immortalità; quando gli venne detto che difficilmente avrebbe ottenuto il permesso di pubblicare questo libro, decise di citare altri passi favorevoli all'immortalità dell'anima (F137-8). Comunque è essenzialmente la mancanza di indipendenza di pensiero a determinare il peso dell'autorità aristotelica in quanto siamo noi, indipendentemente dalla validità dei suoi argomenti, a doverne decidere il valore; quindi, almeno nel campo della filosofia, l'autorità non ha un ruolo *essenziale* (F138-9). Conseguentemente diventa imperativo un esame approfondito delle concezioni aristoteliche riguardanti i moti terrestri.

139-50: *Semplicità e probabilità*

Gli argomenti basati sul principio della semplicità non sono né privi di valore, né definitivi, ma piuttosto probabili. Non sono privi di valore in quanto, in assenza di argomenti conclusivi, l'idea più semplice è quella più accettabile; non sono conclusivi poiché, per confutare un'idea basata sulla semplicità, è sufficiente un'unica prova o un unico argomento in sfavore; infine sono probabili in quanto la natura tende ad agire mediante il minor numero possibile di operazioni. Ad esempio, gli argo-

menti in favore del moto diurno della terra si basano sul principio di semplicità nella misura in cui affermano implicitamente che è più semplice (1) far ruotare la terra intorno al proprio asse ad una velocità relativamente bassa piuttosto che far vorticare innumerevoli corpi celesti intorno alla terra a velocità incredibilmente elevate; (2) attribuire ad ogni pianeta un unico movimento invece che due movimenti contrari; (3) considerare universalmente valida la legge dei periodi di rivoluzione piuttosto che dover fare un'eccezione per spiegare il moto della sfera più elevata; (4) lasciare che le stelle fisse facciano un'unica cosa, cioè restare immobili, piuttosto che farle ruotare lungo orbite disuguali; (5) lasciare che sia la terra a cambiare il proprio asse di rotazione e non che siano tutte le stelle fisse a dover cambiare le proprie orbite all'unisono; (6) lasciare che sia la terra a ruotare piuttosto che coordinare i movimenti di tutte le stelle fisse in modo tale che le loro posizioni reciproche risultino invariate; (7) impedire che la rotazione della terra venga trasferita al resto dell'universo, piuttosto che impedire che il moto diurno dei cieli, il quale è trasferito attraverso tutte le sfere, venga trasferito alla terra; e (8) lasciare che la terra sia il *primum mobile* piuttosto che la sfera più elevata *ad hoc*. Questi argomenti ovviamente non sono conclusivi ma attribuiscono qualche probabilità iniziale al moto diurno della terra (F148). Affinché questa probabilità perduri è necessario dimostrare che le obiezioni apparentemente conclusive in realtà sono errate.

150-9: *Liberalità di idee e razionalità*

È estremamente importante conoscere e capire gli argomenti, le ragioni e le evidenze contrarie alle proprie convinzioni (F153) in quanto la loro giustificazione risulta più solida se tiene conto di tutti gli elementi a sfavore (F154-5), e anche in quanto la verità emerge dal confronto fra opinioni contrastanti, soprattutto se tale confronto assume la forma di un esame e di una valutazione della validità logica degli argomenti in questione (F155-8). Chiameremo liberalità di idee il desiderio e la capacità di accettare le opinioni sostenute dai migliori argomenti e definiremo analisi logica l'arte di comprendere la struttura degli argomenti e di valutarne e confrontarne la validità. A questo punto si può affermare che la liberalità e la razionalità sono essenziali nella ricerca della verità, e che, a sua volta, l'analisi logica è fondamentale per queste due modalità di ricerca.

Il moto della terra fornisce un ottimo esempio a questo riguardo. In primo luogo la superiorità metodologica di coloro che sostengono questa teoria, rispetto a coloro che la negano, è evidente poiché i sostenitori generalmente sono a conoscenza degli argomenti contrari, mentre gli oppositori normalmente non conoscono quelli a favore (F154-5); inoltre sono stati proprio i sostenitori di questa teoria a studiarne a fondo gli argomenti sfavorevoli (F153, F159). In secondo luogo, gli argomenti a sfavore del movimento della terra sono così numerosi, così convincenti e apparentemente decisivi, da rappresentare un ottimo banco di prova della capacità e dell'utilità dell'analisi logica, per scoprire i risultati derivanti dalla sua applicazione a tali argomenti.

159-69: *Analisi logica*

L'analisi logica degli argomenti in sfavore del moto della terra dà i seguenti risultati: (1) (F159-62) la prima obiezione di Aristotele è l'argomento del moto violento ed è così articolata: la terra non può muoversi con moto circolare poiché questo moto sarebbe violento, e conseguentemente non perpetuo; sarebbe violento perché, se fosse naturale, anche gli elementi della terra dovrebbero muoversi con moto naturale circolare, e ciò è impossibile in quanto il loro moto naturale è rettilineo verso il basso. Quest'argomentazione è fallace in quanto si basa su un equivoco: infatti la clausola « anche gli elementi della terra dovrebbero muoversi con moto circolare » può significare alternativamente che questi elementi dovrebbero muoversi intorno al proprio centro o che dovrebbero

muoversi intorno al centro della terra. Nel primo caso, la proposizione corrispondente, e cioè « se il moto della terra fosse naturale, anche i suoi elementi dovrebbero muoversi con moto naturale circolare » sarebbe evidentemente falsa, e conseguentemente l'argomentazione non sarebbe valida a causa della falsità di uno dei suoi presupposti. Nel secondo caso sarebbe fallace per motivi di non validità, contenendo due proposizioni incompatibili: infatti una proposizione afferma che il moto circolare della terra non può essere perpetuo in quanto non è naturale, mentre l'altra pretende che gli elementi della terra non si muovano naturalmente intorno al suo centro, in quanto il loro moto spontaneo è rettilineo verso il basso, e in questo modo stabilisce un'equivalenza fra il moto naturale e quello spontaneo in presenza di alcune condizioni presunte naturali. La non validità deriva dal fatto che la seconda nozione di naturale è incompatibile con la prima, e secondariamente non è plausibile poiché le condizioni in cui il moto spontaneo è rettilineo verso il basso non sono realmente naturali ma vengono supposte artificialmente e in ogni caso si presentano raramente in natura. (2) (F162-4) Anche la seconda argomentazione di Aristotele è fallace e basata su un equivoco in quanto la sua conclusione equivale a negare o il moto diurno o quello annuale. (3) Il terzo argomento è quello del moto naturale ed ha la seguente struttura: il moto naturale delle parti della terra è un movimento verso il centro dell'universo, e questa è la ragione dell'immobilità della terra. Questa argomentazione è infondata poiché l'asserzione empirica secondo cui le parti della terra si muoverebbero verso il centro dell'universo è circolare (come dimostrato in F58-61), e la giustificazione *a priori* della stessa premessa presuppone un concetto insostenibile, confuso o inconsistente per spiegare quali devono essere le caratteristiche di un moto per essere naturale (come discusso in F33-62 e F159-62). (4) (F164-9) Il quarto argomento di Aristotele è quello della caduta verticale, ed anch'esso è circolare nella misura in cui viene descritto in termini di caduta verticale *reale* e infondato quando viene enunciato in termini di caduta verticale apparente. La prima versione risulta così articolata: la terra deve essere immobile poiché i corpi cadono verticalmente, cosa che non potrebbero fare se essa si muovesse; e i corpi cadono verticalmente poiché possiamo vedere che cadono verticalmente e poiché la caduta verticale apparente implica una caduta verticale reale. Ora, risulta che questa deduzione è valida solo se la terra è immobile; sarebbe quindi necessario presupporre l'immobilità della terra per giustificare la premessa secondo cui se i corpi vengono visti cadere verticalmente, in realtà cadono verticalmente.

La versione della caduta verticale apparente si presenta invece così: la terra è immobile poiché si possono vedere i corpi cadere verticalmente; ebbene, ciò non potrebbe succedere se la terra si muovesse e se i corpi venissero visti cadere verticalmente, perché in questo caso i corpi dovrebbero essere dotati di moto misto, intorno e verso il centro; ma questo moto misto è impossibile poiché se si lasciano cadere dei corpi dall'albero di una nave in movimento, questi cadono all'indietro. In questa versione il passaggio errato è l'ultimo in cui si presuppone che il non manifestarsi di un moto misto su una nave in movimento implichi l'impossibilità fisica di tale moto (oppure il non manifestarsi di tale moto su una terra in movimento). Questa deduzione è errata in quanto il movimento di una nave è di natura violenta, mentre quello diurno della terra sarebbe naturale; inoltre l'aria spostata dalla nave non si muove con essa, ma lo farebbe (in prossimità della superficie terrestre) se la terra si muovesse.

169-80: *Il ragionamento, l'esperienza, e il metodo socratico*

A volte non è necessario un esperimento per accertarne i risultati, poiché in alcuni casi quegli stessi risultati possono essere dedotti in base a fatti già noti o più facilmente accertabili. Si immagini, ad esempio,

di lasciar cadere un sasso dall'albero di una nave in movimento; gli aristotelici credono che il sasso verrà lasciato indietro e conseguentemente, per analogia, affermano che la caduta verticale di un sasso fatto cadere dall'alto di una torre implica l'immobilità della terra. Non si sa se i seguaci di Aristotele abbiano mai fatto l'esperimento in questione; ma in ogni caso si può dimostrare che un sasso, lasciato cadere su una nave in movimento, finisce ai piedi dell'albero. In questo caso, i fatti più facilmente accertabili sono che (a) su un piano inclinato il movimento indisturbato dei corpi verso il basso risulta accelerato, (b) su un piano inclinato il loro movimento indisturbato verso l'alto risulta decelerato (F171-3), e (c) la causa del movimento dei proiettili non è il movimento dell'aria che li circonda (F175-80). Da (a) e (b) si può dedurre che (1) su un piano orizzontale il movimento dei corpi viene conservato se non è disturbato, e quindi (2) su una nave in movimento il moto orizzontale di un sasso, anche dopo essere stato fatto cadere, continua se non viene disturbato. In base a (c) si può affermare che (3) la causa del movimento dei proiettili è la « virtù » che viene loro impressa dal propulsore, e conseguentemente (4) la causa del moto orizzontale del sasso, dopo essere stato fatto cadere, risulterebbe dalla « virtù » orizzontale ad esso impressa dalla mano che lo ha tenuto prima di lasciarlo cadere. Poiché non vi è nessun modo in cui la virtù orizzontale impressa potrebbe essere disturbata dalla tendenza verticale verso il basso dovuta al peso, ne consegue che (5) il moto orizzontale del sasso fatto cadere non viene disturbato, e quindi, in virtù di (2), che (6) il moto orizzontale del sasso continua e conseguentemente (7) il sasso finirà ai piedi dell'albero. Va notato che una simile dimostrazione è realmente possibile seguendo il metodo di indagine socratico (F171, 176-7).

180-8: *Il metodo socratico: la comprensione e la conoscenza-informazione*

Il metodo socratico è estremamente efficace nel rendere esplicita la conoscenza implicita nella mente. Ciò non significa insegnare in modo convenzionale, nel senso cioè di comunicare nuove informazioni, ma piuttosto insegnare a dedurre proposizioni non ancora accettate da altre che invece lo sono. In altre parole diremo che la conoscenza in questione non si basa sulle informazioni o sulla semplice conoscenza, ma sulla comprensione.

Ad esempio, qualcuno potrebbe essere scettico intorno all'eventualità che certi proiettili (1) si muovano più velocemente che nell'aria dopo aver colpito il suolo, e (2) si muovano più velocemente in un segmento finale, piuttosto che iniziale, del loro percorso. La verità di (1) può esser resa facilmente comprensibile ponendo allo scettico domande appropriate e facendogli capire (F186) che quando un proiettile è in qualche modo simile a un cerchio, capace di ruotare, la rotazione non aggiunge niente al suo moto in avanti finché esso è nell'aria, ma ciò avviene quando il proiettile colpisce il terreno, a condizione che il moto di rotazione sia orientato nella stessa direzione del moto in avanti. Il punto (2) può essere dimostrato allo scettico facendogli capire che, cadendo a terra, un cerchio può colpire una roccia inclinata nella stessa direzione del suo moto in avanti, acquisendo quindi una maggiore velocità di rotazione che si somma al moto in avanti. Quindi, in base alla teoria della conservazione del moto, si può comprendere l'affermazione apparentemente paradossale secondo cui il moto di certi proiettili può aumentare, qualora una parte del loro moto venga conservata e qualora intervengano altri fattori secondari ad aggiungere ulteriori quantità di moto.

188-93: *Digressioni fantasiose e digressioni pertinenti*

Vi sono due tipi di digressioni: alcune sono giustificate dalla loro pertinenza all'argomento principale e dalla logica della discussione, la quale è più o meno complessa secondo il numero delle persone implicate. Altre sono giustificate dalla fantasia dello

scrittore o di altre persone interessate all'argomento, oppure dalla bellezza intrinseca delle idee piuttosto che dalla loro validità effettiva (F188). Le digressioni fatte finora sono tutte del primo tipo; un esempio del secondo tipo può essere la seguente digressione fantasiosa (F192) riguardante il percorso reale della caduta di un corpo su una terra ruotante: tale percorso sarebbe un arco di cerchio avente per diametro la linea che va dal centro della terra al punto da cui ha avuto inizio la caduta del corpo. Questo percorso è quasi troppo facile per poter essere vero (F192) poiché se così fosse ciò significherebbe che, indipendentemente dal fatto che un corpo venga fatto cadere oppure mantenuto immobile su una terra ruotante, esso si muoverebbe (a) circolarmente, (b) lungo distanze di uguale lunghezza, e (c) con lo stesso moto uniforme.

193-6: *Conoscenza inconscia*

Vi è una conoscenza inconscia (F194) nel senso che è possibile giungere ad essa con il ragionamento, sebbene per coloro che non vogliono seguirlo o non ne sono capaci sia necessaria l'esperienza (F196). Ad esempio, seguendo il metodo socratico d'indagine e il ragionamento ipotetico implicante un'analogia con le frecce tirate da una balestra montata su un carro in movimento, è possibile dimostrare, a qualcuno che inizialmente creda il contrario, che su una terra ruotante un'arma da fuoco ha la stessa portata di tiro verso est e verso ovest (F194-6).

196-206: *Ragionamento ipotetico e circolare*

Il ragionamento ipotetico è uno strumento di grande valore, ma è difficile da padroneggiare; errori nel suo impiego spesso hanno come risultato ragionamenti circolari oppure petizioni di principio. Ad esempio, quando qualcuno sostiene che se la terra ruotasse la portata di tiro di un'arma da fuoco, verso est e verso ovest, sarebbe diversa, costui ragiona come se la palla di cannone, prima di essere sparata, fosse in uno stato di riposo anche su una terra ruotante; e ciò significherebbe non aver compreso a fondo la rotazione e tutte le conseguenze. Lo stesso vale per gli argomenti della caduta verticale, del tiro verticale, del tiro verso nord e verso sud, e del tiro orizzontale. In tutti questi casi, coloro che non credono nel moto della terra fingono di impegnarsi in ragionamenti ipotetici in cui esaminano le conseguenze del presunto moto terrestre, e tuttavia vi è un passaggio cruciale in cui dimenticano questo assunto: quando affermano che lo stato iniziale del proiettile o del corpo che cade è di riposo.

206-9: *Sperimentalismo critico*

Bisogna evitare l'accettazione acritica dei risultati sperimentali addotti. Un modo per essere critici consiste nel verificare che i risultati non siano stati semplicemente ipotizzati in accordo con qualche teoria e anche nel controllare che l'effetto osservato non sia talmente piccolo da non poter essere riscontrato sperimentalmente. Si consideri ad esempio la questione se sia o no vero che il tiro orizzontale di un'arma da fuoco colpisca in alto quando viene diretto verso est e in basso verso ovest. I seguaci di Aristotele sostengono che l'esperienza dimostra che ciò non è vero (e poiché pensano che ciò accadrebbe se la terra ruotasse, traggono la conclusione che la terra sia immobile). Ora, facendo un calcolo approssimato basato su certi principi aristotelici (peraltro discutibili), si può dimostrare che la grandezza di questo effetto sarebbe pari a circa 1/25 di un 'braccio', cioè a un valore che non può essere verificato sperimentalmente.

209-14: *Quando fare un esperimento*

Il momento giusto per fare un esperimento si presenta quando il ragionamento è incapace di decidere se un certo fenomeno accadrà, perché accadrà, e come potrà accadere. Consideriamo per esempio il volo degli uccelli su una terra dotata di moto di rotazione. Anche chi possieda una esatta

comprensione del moto dei proiettili su una terra ruotante (cfr. la superiorità di Sagredo su Salviati in F196-206, specialmente F202 e F204-5) non può fare a meno di pensare che il caso degli uccelli in volo sia *essenzialmente* diverso, poiché come un uccello (vivo) non si comporta nello stesso modo di un sasso per quanto riguarda il moto naturale di caduta, così esso non si comporterà nello stesso modo dei corpi inanimati nel caso del moto circolare naturale in concomitanza con la rotazione della terra (F212). L'esperimento può però dimostrare, per quest'ultimo tipo di moto, che non c'è alcuna differenza sostanziale fra un corpo inanimato e un uccello, e che la distinzione derivante dal fatto di possedere fonti di movimento diverse, ossia un propulsore esterno nel caso del proiettile e un principio interno nel caso dell'uccello, è irrilevante. L'esperimento viene effettuato a bordo di una nave, sotto coperta: si osserva il comportamento di mosche, pesci, farfalle, gocce d'acqua, fumi d'incenso e proiettili vari quando la nave è ferma e quando è in movimento. Non viene notata alcuna differenza derivante dallo stato di quiete o di moto uniforme della nave, e si può vedere come le mosche, i pesci e le farfalle condividano il moto della nave facilmente, naturalmente e senza sforzo, proprio come fanno i corpi inanimati. L'esperimento fornisce anche una risposta molto efficace agli argomenti geostatici sulla caduta dei corpi e sul moto dei proiettili, argomenti del resto criticabili anche da altri punti di vista.

214-7: *Critica e comprensione*

La critica tendente a demolire una certa tesi è più efficace quando è preceduta da una elaborazione costruttiva che rafforza l'idea criticata. Per esempio, consideriamo l'obiezione al moto della terra basata sull'argomento che, se la terra ruotasse, tutti i corpi che si trovano sulla sua superficie volerebbero via verso il cielo, dato che facendo girare un corpo gli si conferisce un impulso ad allontanarsi dal centro del moto rotatorio. Prima di rispondere a questa obiezione è opportuno fare un chiarimento logico e poi aggiungere un'osservazione essenziale. Il chiarimento riguarda il fatto che l'obiezione dovrebbe essere formulata correttamente dicendo che, se la terra ruotasse, le creature e i corpi staccati da essa non avrebbero potuto venire ad esistenza sulla sua superficie; in questo modo si corregge la formulazione usuale secondo la quale, se la terra ruotasse, i corpi non attaccati ad essa *se ne allontanerebbero*, formulazione che è condivisa in modo praticamente universale, ma che costituisce un'asserzione mal posta, poiché dimostra tutt'al più che la terra non può *cominciare* a ruotare. L'aggiunta essenziale è la prova del secchio d'acqua, legato all'estremità di una fune e fatto girare attorno all'altra estremità; l'acqua non cade dal secchio qualunque sia l'inclinazione del piano su cui avviene il moto circolare; inoltre, facendo un buco sul fondo del secchio, l'acqua esce dal buco in tutte le direzioni, ma sempre allontanandosi dal centro del moto rotatorio.

217-23: *Conoscenza e reminiscenza*

La dottrina platonica secondo cui la conoscenza è un tipo di reminiscenza è, in un certo senso, vera. È vera nel senso che la conoscenza viene talvolta acquisita mediante il ragionamento basato su fatti che sono accertabili riflettendo su determinati aspetti particolari della propria esperienza sensibile. Per esempio, si può arrivare facilmente alla conclusione che i corpi sulla superficie di una terra ruotante non verrebbero scagliati in cielo, a patto che, mediante opportune domande, si sia indotti a riflettere sui fatti seguenti: (1) quando un corpo, dopo essere stato fatto muovere lungo una circonferenza, viene lasciato andare, acquista un moto tangenziale nel punto in cui è stato lasciato; (2) quando il corpo comincia a muoversi lungo la tangente, si allontana molto più rapidamente dal punto di tangenza che non dalla circonferenza, per cui, se si volesse impedire al corpo in questione di allontanarsi lungo la tangente, basterebbe farlo muovere di pochissimo verso la cir-

conferenza; (3) i corpi, per quanto leggeri, tendono a muoversi verso la superficie (o la circonferenza) della terra a causa del loro peso.

223-9: *Geometria e filosofia*

Nell'approccio alla filosofia della natura, la geometria è indispensabile. Per esempio, soltanto grazie a considerazioni geometriche è possibile capire come e perché la tendenza a cadere che caratterizza un corpo terrestre, comunque piccolo, sia sempre sufficiente a superare la tendenza centrifuga su una terra ruotante, e quindi a mantenerlo in contatto con la superficie. La più importante considerazione geometrica, a questo proposito, è che, dato un rapporto grande a piacere, è possibile trovare un punto esterno al cerchio, tale che la tangente passante per quel punto si trovi esattamente in quel rapporto con la parte di secante situata fuori dal cerchio; altre considerazioni ausiliarie sono le seguenti: (1) le caratteristiche geometriche della situazione descritta sono tali che la tendenza tangenziale può essere superata da un peso piccolo a piacere, e questo anche nel caso che la tendenza tangenziale fosse riducibile all'infinito in un modo solo, e invece la tendenza a cadere riducibile all'infinito in due modi, cioè sia per riduzione di peso che per avvicinamento al punto di tangenza; (2) la diminuzione della tendenza a cadere dovuta a diminuzione del peso non soltanto non è più rapida di quella che si avrebbe se le due grandezze fossero legate da un rapporto lineare, ma è anzi molto più lenta.

229-37: *Matematica e realtà fisica*

Le verità matematiche riguardano entità astratte nel senso che sono asserzioni intorno alle conseguenze necessarie di certe definizioni e di certi assiomi. Per esempio, la proposizione che afferma che una sfera è tangente ad un piano in un solo punto, si riferisce a sfere e piani astratti, nel senso che è conseguenza necessaria della definizione di sfera e del principio per cui un segmento di retta è la distanza minima fra due punti. Le verità matematiche si riferiscono però anche alla realtà fisica, sebbene in modo soltanto condizionale; cioè, una proposizione matematica è vera dal punto di vista fisico se si dà il caso che le entità astratte cui essa si riferisce esistano materialmente nella realtà fisica. Per esempio, la proposizione secondo cui la sfera tocca il piano solo in un punto descrive veramente una realtà fisica nel senso che, *se* si dà il caso che vi siano sfere e piani materiali, *allora* essi si toccano in un solo punto. Inoltre, le verità matematiche sono *applicabili* alla realtà fisica perché, e nella misura in cui, i corpi materiali si avvicinano o si approssimano a quelli astratti; poiché quando i corpi materiali non si approssimano ad un certo tipo di entità astratta, si approssimano tuttavia ad un'entità astratta di tipo diverso. Per esempio, se, e nella misura in cui, certe sfere e piani materiali si toccano in più di un punto, essi costituiscono esempi di sfere e piani astratti imperfetti, per i quali è anche matematicamente vero che si toccano in più di un punto. Infine, il vero problema è quello di interpretare le entità e i processi fisici servendosi del giusto tipo di entità astratte, poiché anche quando si è certi che i fatti fisici considerati debbano corrispondere ad *un qualche* tipo di entità o situazione astratta trattabile matematicamente, non si può essere certi di quale esso sia. Solo tenendo presenti queste considerazioni si può porre correttamente la questione della rilevanza della prova geometrica esposta nella sezione precedente.

237-44: *Indagini causali*

Nella filosofia della natura le indagini causali hanno un ruolo importante. Talvolta succede di voler studiare in che modo varia la causa di un determinato effetto. Per esempio, è importante rendersi conto che, nel moto circolare, la *causa* dell'estrusione, o proiezione verso l'esterno, varia in rapporto diretto con la velocità periferica quando il raggio è costante (F238, inizio), e, inversamente, con il raggio quando è costante la

velocità periferica (F239, 243). A volte si è certi di un determinato fatto, ma se ne vuole conoscere la spiegazione causale. Per esempio, non c'è dubbio che uguali velocità periferiche producano una tendenza all'estrusione tanto maggiore quanto minore è il raggio; ma è importante conoscere la « causa » (F238) o la ragione di ciò (F239); e tale causa può essere trovata applicando al caso del moto circolare lungo due circonferenze di raggio diverso, il principio per cui il « momento » di un corpo dotato di moto dipende dal prodotto del peso per la velocità; quest'operazione permette di stabilire che la forza necessaria per impedire ad un determinato corpo di sfuggire lungo la tangente sarà tanto più grande, quanto più grande sarebbe la velocità necessaria per ritornare dalla tangente verso la circonferenza; e tale velocità è maggiore per il cerchio più piccolo, poiché le velocità periferiche, e quindi i tempi relativi, sono uguali. Infine, a volte una causa può essere scoperta paragonandone l'effetto con un altro effetto la cui causa è nota, e utilizzando le differenze tra i due effetti per capire in che modo la causa sconosciuta del primo effetto differisce dalla causa nota del secondo effetto. Per esempio, come mai in una stadera un peso minore riesce a controbilanciarne uno maggiore? La causa è che il peso minore si muove più dell'altro. Confrontiamo infatti una stadera con una bilancia normale: in quest'ultima pesi uguali si bilanciano reciprocamente perché si muovono ugualmente, mentre nella stadera quelli che si bilanciano reciprocamente sono pesi *ineguali;* ciò deve quindi accadere perché essi si *muovono* in modo ineguale.

244-60: *Sintesi fisico-matematica*

Che le questioni trattate siano importanti e valide non è sufficiente; è essenziale che anche il metodo con cui esse vengono trattate sia valido (F248). E per essere valido, un metodo deve tener conto dei fatti fisici e allo stesso tempo essere matematicamente accurato. Per esempio, il problema di un corpo che cada dalla luna sulla terra è molto interessante: nel trattare questo problema, però, un autore recente non ha seguito un metodo appropriato: anzitutto, nel calcolo del tempo di caduta egli ha assunto arbitrariamente che la velocità di caduta sarebbe uguale alla velocità di rotazione della luna, invece di determinare l'effettiva velocità alla quale i corpi cadono (F246); in secondo luogo, la risposta alla quale egli è giunto, cioè che il tempo impiegato sarebbe di sei giorni, sembra comportare la assurdità matematica per cui il raggio di un cerchio sarebbe sei volte più lungo della sua circonferenza (F247, 258-9). Un trattamento corretto del problema dovrebbe partire dall'osservazione che i corpi in caduta accelerano (F248), e mostrare quindi una sensibilità matematica sufficiente per chiedersi in che proporzione la velocità aumenta, accertando dunque che le distanze dalla posizione di riposo variano secondo il quadrato del tempo, che un corpo cade di 100 *braccia* in 5 secondi, e infine utilizzando questi valori, insieme alla legge dei quadrati, per stabilire che il tempo di caduta dalla luna è di circa tre ore e mezzo (F248-52). Un secondo esempio che può servire ad illustrare la giusta combinazione di considerazioni fisiche e matematiche è la legge della doppia distanza, la quale afferma che un corpo cadendo dalla posizione di riposo attraverserebbe una distanza doppia di quella che ha percorso cadendo, se, per un tempo uguale a quello della caduta, potesse muoversi di moto uniforme alla velocità acquisita con la caduta stessa. Le considerazioni fisiche da fare in questo caso possono riferirsi sia ad un pendolo, sia ad un corpo che oscilli intorno al centro della terra lungo un tunnel che va da un punto della superficie terrestre al punto diametralmente opposto; qui l'osservazione, nel caso del pendolo, e l'intuizione fisica nel caso del tunnel attraverso la terra, ci dicono che l'impeto acquistato dal corpo mentre è sottoposto all'accelerazione è tale da permettergli di percorrere una distanza altrettanto grande mentre viene *decelerato* nella stessa misura. Le considerazioni matematiche inducono a sommare tutte le singole velocità acquisite durante

l'accelerazione e la decelerazione, eguagliandole alla somma totale delle velocità costanti che si avrebbero durante un'immaginaria seconda metà del movimento se questo proseguisse in modo uniforme invece di decelerare; un'altra considerazione matematica suggerisce di sommare tutte le singole velocità che si hanno nel corso di un certo moto accelerato e di confrontare questa somma (misurata per mezzo di un triangolo rettangolo) con la somma totale relativa ad un moto uniforme di velocità uguale a quella acquistata al termine dell'accelerazione (misurata per mezzo di un rettangolo di area doppia di quella del triangolo).

Un terzo esempio (F256-8) di sintesi fisico-matematica è offerto dal problema di stabilire se un pendolo arriverebbe alla posizione di riposo anche nel caso che non si tenesse conto della resistenza dell'aria. La risposta è affermativa, poiché ogni pendolo fisico è costituito in effetti da una serie di pendoli di differenti lunghezze, dovuti alla materia di cui è fatta l'asta d'oscillazione, e tutti questi pendoli tendono ad oscillare a ritmi diversi interferendo quindi gli uni con gli altri, nel senso che il più lento rallenta continuamente il più veloce. L'osservazione fisica ci dice che pendoli di diverse lunghezze oscillano con ritmi diversi, tanto più rapidi quanto più breve è il pendolo; la considerazione matematica consiste nel suddividere un pendolo costituito da un materiale unico in una serie di pendoli di lunghezze diverse.

260-72: *Comprensibilità e verità*

Lo scopo della filosofia della natura è la comprensione, e non la mera conoscenza; ossia non semplicemente la verità, ma una verità comprensibile. Dunque la discussione intorno alla comprensiblità di un'idea è sempre significativa ed importante; ciò è particolarmente vero quando non si sa se un'idea corrisponda o no alla verità, dato che in tale fase dell'indagine l'incomprensibilità costituisce una forte ragione per respingere l'idea stessa; quando invece si sa che l'idea è vera, la sua incomprensibilità è semplicemente un motivo per indagare più a fondo. In altre parole, comprensibilità e verità sono due concetti distinti: se un'idea è comprensibile, non per questo è vera, e se è incomprensibile, non per questo è falsa; ciononostante la filosofia della natura mira sia alla verità che alla comprensibilità.

Una valida illustrazione di questo fatto è costituita dall'idea della rotazione della terra, e dalle difficoltà che sono state sollevate a proposito delle sue cause. Anzitutto (F260), non sarebbe valido argomentare che la terra non può muoversi perché non vi sarebbe modo di spiegarne la rotazione nei termini di un principio interno o esterno; e questo perché l'ignoranza intorno alla spiegazione non implica la non esistenza dell'effetto; in altre parole, l'inesplicabilità non implica falsità.

In secondo luogo (F260-1), una terra ruotante non sarebbe più inesplicabile della caduta dei corpi pesanti, del moto dei proiettili o del presunto moto diurno dei corpi celesti; poiché non è una spiegazione dare alle loro rispettive cause i nomi di « gravità », « virtù impressa » e « intelligenza, o assistente, o informante ». In altre parole, la conoscenza del nome non comporta conoscenza dell'essenza di una causa; nominare non equivale a capire.

In terzo luogo (F262-72), non si può argomentare che una spiegazione della rotazione terrestre sarebbe inconcepibile, cioè che tale rotazione sarebbe inesplicabile in linea di principio; sarebbe sempre possibile fornire una spiegazione in termini di un principio interno, attribuendo la rotazione alla natura ed eliminando la necessità di una causa esterna. La ragione di ciò è che l'idea di una rotazione terrestre è almeno altrettanto comprensibile quanto quella del moto diurno dei cieli (che viene considerata come comprensibile); inoltre, la rotazione della terra non presenta difficoltà concettuali; quelle di solito citate come difficoltà risultano in definitiva null'altro che conseguenze non problematiche di tale idea. In altre parole, l'inesplicabilità causale, perfino in linea di principio, non implica

l'incomprensibilità, poiché è sempre possibile una comprensibilità intrinseca.

272-81: *L'illusione dei sensi*

Invece di procurare sconforto, l'illusione dei sensi può rivelarsi istruttiva. Infatti molte presunte illusioni non sono affatto illusioni, mentre altre sono illusioni della ragione piuttosto che dei sensi. La lezione principale da apprendere è quella di conservarsi critici nei confronti dei sensi, cioè di rendersi conto che esiste una differenza fra l'apparenza e la realtà, e che è per mezzo della ragione che noi possiamo procedere dall'apparenza sensibile a proposizioni riguardanti la realtà (F280-1).

Per esempio (F272-8), non si tratterebbe di un inganno dei sensi se, su una terra ruotante, noi vedessimo i corpi cadere verticalmente senza percepire nel loro moto alcuna componente circolare; poiché il movimento esiste solo rispetto ad oggetti che non lo condividono, per cui un movimento condiviso dall'osservatore e dalla cosa osservata non esiste per l'osservatore, ed è per lui impercettibile; su una terra ruotante, la componente circolare del moto di un corpo in caduta sarebbe condivisa dall'osservatore, e quindi non potrebbe essere percepita. In secondo luogo (F278-9), la mancata percezione del vento prodotto dal moto annuale non sarebbe un'illusione dei sensi, poiché un vento può essere percepito solo quando l'aria si muove relativamente all'osservatore. In terzo luogo (F279-80), la mancata *sensazione* del movimento di una terra ruotante non sarebbe, in se stessa, altro che un'apparenza dei sensi; essa darebbe luogo ad un'illusione solo se ci si spingesse fino ad affermare che, di conseguenza, la terra è ferma, dato che se si muovesse saremmo capaci di avvertirne il movimento; ma questa sarebbe un'illusione del ragionamento, non della percezione, poiché l'errore consisterebbe nel supporre che sia possibile sentire il puro movimento, mentre l'esperienza della navigazione dimostra che si possono sentire solo i *cambiamenti* di movimento.

281-8: *Pretese di inconcepibilità e fatti*

È sbagliato argomentare che una dottrina è falsa perché presenta difficoltà concettuali, cioè difficoltà riguardanti il modo in cui *potrebbe* concepibilmente essere vera (F287); in altre parole, è errato dire che non si dà il caso di qualcosa perché non vi è modo di concepire *come potrebbe* darsene il caso. È sbagliato trarre conclusioni di fatto da una pretesa di inconcepibilità. Il problema è che le pretese di inconcepibilità finiscono spesso per dimostrarsi false alla luce di certe scoperte di fatto. Per esempio, è errato argomentare che la terra non si muove basandosi sull'idea che non vi è nessun modo per concepire come un corpo semplice, qual è la terra, possa avere i tre moti distinti che Copernico suppone. Ciò è sbagliato perché il solo contenuto fattuale di tale pretesa di inconcepibilità è che in nessun modo la terra può essere dotata dei suoi vari moti come gli animali possono muoversi in modi diversi; d'altra parte, la terra potrebbe essere dotata di più di un moto nello stesso modo in cui si è scoperto che ne sono dotati Saturno, il sole, i satelliti di Giove e i magneti.

289-90: *Il primato della natura sull'uomo*

È sbagliato argomentare che si dà il caso di qualcosa perché ciò si adatta bene alla nostra comprensione, in quanto la natura precede la mente umana. Per esempio, è errato affermare che sostanze diverse devono comportarsi diversamente, altrimenti non potremmo venirne a conoscenza; l'errore di questa affermazione risiede nel fatto che essa è vuota di contenuto fattuale; riferendosi alla realtà naturale, il principio deve essere espresso in modo tale da specificare le differenze di comportamento. In altre parole, sebbene sia noto a priori che sostanze diverse devono comportarsi diversamente in *qualche* modo (allo scopo di essere diverse), da ciò non segue che esse debbano comportarsi diversamente in un certo particolare modo. Per esempio, l'aria e l'acqua non hanno alcuna necessità di comportarsi diversamente rispetto al loro moto circolare diurno su una terra ruotante; poiché anche

su una terra ruotante esse conserverebbero sufficienti differenze.

290-3: *Distinzioni logiche*

Non si devono confondere (F293) gli appelli retorici con gli argomenti, né gli argomenti validi con quelli invalidi, né la correttezza della forma argomentativa con la verità delle premesse.
Fra gli esempi di meri appelli retorici si possono citare i seguenti: dire, come fanno gli aristotelici, che è più opportuno che la terra sia al centro dell'universo (invece che tra Marte e Venere), perché così vi è una migliore separazione del puro (i corpi celesti) dall'impuro (la terra); oppure dire, in modo più plausibile, che è peggio avere la (impura) terra al centro perché ciò sarebbe come avere un lazzaretto nel cuore della città; o dire, come fa Copernico, che è più opportuno avere il sole al centro perché ciò equivale ad avere una grande lampada nel mezzo del tempio, in modo che possa meglio illuminarne ogni parte. Un esempio di argomento non valido è il dire che il sole e le stelle si muovono perché somigliano di più ai pianeti di quanto non somigli ad essi la terra, e ciò perché il sole, le stelle e i pianeti sono tutti incorruttibili e immutabili, mentre la terra non lo è; gli aristotelici avanzano qui una petizione di principio, poiché basano la loro ultima premessa (la distinzione corruttibile/incorruttibile) sulla differenza che, rispetto al movimento, separa la terra da tutti gli altri corpi. Un esempio di argomento formalmente valido, ma fondato su false premesse, è il dire che il sole e le stelle si muovono perché sono più simili ai pianeti di quanto non sia la terra, e ciò perché il sole, le stelle e i pianeti sono tutti *luminosi*, mentre la terra non lo è; qui l'ultima premessa non è vera; i pianeti non sono luminosi. La seguente affermazione, invece, contiene sia una forma argomentativa valida, sia premesse vere: i pianeti e la terra sono simili perché mancano di luce propria; poiché è ovvio che i pianeti si muovono, probabilmente anche la terra si muove, mentre il sole e le stelle non si muovono.

293-8: *La superficialità delle risposte astratte*

Può essere un segno di superficialità (F295) ignorare l'aspetto empirico-fattuale di una domanda, e considerarne solo l'aspetto verbale-concettuale, nei casi in cui i due diversi punti di vista inducono a risposte contraddittorie. Per esempio, si consideri la questione se sia più probabile e credibile l'ipotesi copernicana dell'immensa distanza delle stelle, o l'ipotesi tolemaica delle immense velocità di moto diurno delle stelle; e si consideri l'argomento di Keplero secondo il quale la visione di Copernico è più probabile perché è più difficile concepire una proprietà che va al di là del modello del soggetto piuttosto che accrescere il soggetto privo di tale proprietà. È vero, ma irrilevante, ciò che si dice obiettando che le immense velocità diurne delle stelle suggerite da Tolomeo non sono inappropriate, nel senso che sono proprio quelle necessarie per riuscire semplicemente a completare una rivoluzione al giorno a quelle date distanze dal centro. È molto più importante invece osservare che quelle velocità sono inappropriate nel senso che vanno contro le regole osservabili nella rivoluzione dei pianeti e dei satelliti di Giove, regole secondo le quali la velocità di rivoluzione diminuisce, e il periodo aumenta, all'aumentare della distanza dal centro.

M.A.F.

Traduzione: E. CAMBIERI - NOVARA

RINGRAZIAMENTI

L'autore ringrazia la National Science Foundation (USA) per il contributo finanziario ottenuto (Grant No. SOC 76-10220).

BIBLIOGRAFIA E NOTE

1 L. LAUDAN, *G. L. Le Sage: A Case Study in the Interaction of Physics and Philosophy*, in P. SUPPES *et al.* (eds.), *Logic, Methodology, and Philosophy of Science*, IV, Amsterdam, 1973, pp. 429 sgg.; *The Methodological Foundations of Mach's Anti-Atomism and Their Historical Roots*, in P. K. MACHAMER and R. G. TURNBULL (eds.), *Motion and Time, Space and Matter. Interrelations in the History of Philosophy and Science*, Ohio State University Press, Columbus, 1976, pp. 390-417; *The Sources of Modern Methodology*, Discorso in occasione del Fifth International Congress of Logic, Methodology, and Philosophy of Science, University of Western Ontario, London, Canada, 2 settembre 1975; e *The Epistemology of Subtle Fluids*, presentato alla riunione annuale della History of Science Society, Atlanta, Georgia, USA, 29 dicembre 1975.

2 P. FEYERABEND, *Against Method*, Humanities Press, Atlantic Highlands, N. J., 1975; *Machamer on Galileo*, Studies in History and Philosophy of Science, 1974-75, *5*: 297-304; *Problems of Empiricism, Part II*, in R. G. COLODNY (ed.), *The Nature and Function of Scientific Theories*, University of Pittsburgh Press, Pittsburgh, Pa., 1970, pp. 275-353; *Contro il metodo*, Lampugnani Nigri, Milano, 1973; e *I problemi dell'empirismo*, Lampugnani Nigri, Milano, 1973.

3 E. GELLNER, *Beyond Truth and Falsehood*, British Journal for the Philosophy of Science, 1975, *26*: 331-342; P. K. MACHAMER, *Feyerabend and Galileo: The Interaction of Theories, and the Reinterpretation of Experience*, Studies in History and Philosophy of Science, 1973, *4*: 1-46.

4 *Webster's Third New International Dictionary*, Merriam, Springfield, Mass., 1971, p. 1223.

5 Questo approccio è in qualche modo analogo a quello di T. S. KUHN nell'analizzare la 'scelta della teoria' in termini di decisioni individuali alla luce di certi valori scientifici che, tuttavia, non predeterminano la decisione. Cfr. il suo scritto *Reflection on my Critics*, in I. LAKATOS and A. MUSGRAVE (eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge University Press, Cambridge, 1970, pp. 231-278, in particolar modo pp. 235-241 e 259-266. (Trad. ital. *Critica e crescita della conoscenza*, Feltrinelli, Milano, 1976).

6 Sono indicate due serie di numeri di pagine: quelli che precedono la sbarra si riferiscono a G. GALILEI, *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, vol. VII delle *Opere*, Edizione Nazionale, edita da A. FAVARO, Barbera, Firenze, 1890-1909 e edizioni successive; quelli dopo la sbarra si riferiscono a G. GALILEI, *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems*, traduzione di S. DRAKE, University of California Press, Berkeley, 1953 e edizioni successive.

7 Qui i numeri delle pagine, sia quelli dei titoli che quelli fra parentesi nel testo, si riferiscono tutti all'Edizione Nazionale delle *Opere* di Galileo. I numeri fra parentesi sono preceduti da una 'F', che è un'abbreviazione per indicare 'Favaro', sempre per ricordare che si fa riferimento all'Edizione Nazionale.

Full Employment: how, what, and for whom?

GEORGE R. FEIWEL
The University of Tennessee, Knoxville

The greatness of Michal Kalecki's contribution to the Keynesian Revolution is increasingly gaining professional recognition. Kalecki not only anticipated Keynes's *General Theory*, but in many respects his variant was far superior analytically and represents a more general theory than that of Keynes. Although they had many points in common, the two men derived different policy implications from their theory. Kalecki was much more pessimistic and with the benefit of hindsight has proved to be much more realistic than Keynes. Here we attempt to call attention only to Kalecki's views on the policy for full employment and the pregnant question of what such a state should be for. As Kalecki vigorously stressed, the question of ways to and content of full employment is a subject of political economy *par excellence*, where not only the logic of the theoretical argument matters, but where the critical problems revolve around the political considerations involved in the acceptability of alternative means and the different interpretations as to the level to be maintained and the character of full employment.

In any assessment of Kalecki's make-up, it is essential to stress his dislike and critique of big monopolies and monopoly motivation as a fairly basic part of his inspiration and shaping. One needs to stress Kalecki's essentially radical reaction to the great crisis and depression of 1929 and the early 1930s, which hit his native Poland with such severity, to emphasize how much his ideas derive from and were influenced by his experience and painstaking analysis of these events. The misery of the Great Depression left an indelible imprint on Kalecki. The main line of his life's work has always been full employment and its content. His concern for this vital economic problem permeated almost all areas of his activity: It was reflected in his studies of capitalist, socialist, and developing economies, and it reverberated through his theoretical and practical-advisory efforts. He would not choose full employment at all costs, however. There were distinct ethical overtones in his work. He was for beneficial full employment whose fruits would be directed to the advancement of living standards of the lower income groups. He was not impressed with huge sacrifices of the present generation for future ones nor even with the sacrifices of one generation for its own long range

benefits. He was outraged at high employment levels and improvement in living standards contrived by means of armaments build-up. He was incensed at the 'planned unemployment' in some socialist economies and at the blunders of flimsy plans perpetrated by the planners at the cost of the worker-consumer.

I A mere stabilization policy may be transient and may not take the depressed economy all the way to full employment; it may not sustain and maintain prosperity and ensure a prudent and healthy long run expansion of the economy. A prudent full employment policy has to resolve, *inter alia*, the following questions:

1. A decision has to be made on the ways for influencing an appropriate rate and compostion of capital accumulation. It is of cardinal importance not to confuse growth-promoting and effective demand management policies. Alternative ways and means can be used for stimulating or restraining effective demand. The extent to which investment should be stimulated should be judged not only in the light of exigencies of aggregate demand policies (short-run growth of effective demand), but in that of the requirements of prudent policies for growth, employment, and increasing living standards of the broad masses. Different mixtures of fiscal and monetary policies may have divergent implications for economic growth, for the composition and distribution of output, and for the path of production, consumption, and employment over time. The long run macroeconomic policies directed to stimulating and fostering capital formation and full employment economic growth (long-run growth of supply and productive capacity) should not be haphazard and conditioned by short-run demand stabilization exigencies. These differences between the short-run vagaries of effective demand and the long-term requisites of welfare-oriented full employment growth policies must be kept in mind in designing a sensible economic policy. Thus the decision on the appropriate dosage, combination, and content of fiscal and monetary measures should take into account the requisites of growth and income distribution policies and should minimize the adverse consequences that may accompany such measures. Moreover, the long-run problem of finding markets for the national output that could be produced at full utilization of resources cannot be neglected. Nor can demand management policies neglect the problem of supply bottlenecks and rigidities in various activities as the economy recovers from the slump and approaches the full employment threshold. A prudent demand management policy must be buttressed, *inter alia*, by measures to improve the elasticity of supply and by the removal of obstacles to expansion of the existing potential so as to enable the expansion of aggregate demand without unacceptable inflationary pressures.

2. The cost-benefit analysis of alternative policies has to take into account the human and material aspects and the more or less desirable or adverse

non-economic consequences of alternatives. It also has to reckon with the problem of the limits of prediction under uncertainty, technical forecasting errors, and the inherent limitations of economic policy tools, and with the political, ideological, and other limitations to the implementation of the desired policies. Different schools of economic thought tend to exaggerate either the benefits or costs of macroeconomic policies, in order to overstate either the beneficial role of a deliberate policy, or that of the endogeneous mechanism of the economy as able to bring about by itself prosperity and the 'evil' consequences of stabilization policies. Of course, the limitations imposed on full employment policies by, say, inflationary and/or balance-of-payments pressures (whether real, imaginary, or used as a scarecrow by various pressure groups) may prevent the economy from achieving and maintaining a full employment growth path and may even contribute to destabilizing the economy. Clearly, expansionary fiscal and monetary policies cannot by themselves ensure full employment growth and be free of inflation and balance-of-payments imbalances.

In designing full employment solutions Kalecki attempted to show both the potential of and the limits to our opportunities for action. An appropriate blend and use of fiscal and monetary policies is a cardinal and necessary component of economic policy. But it is not sufficient. To achieve the conflicting aims such as economic growth, full employment, a reasonable price and balance-of-payments stability, other instruments of economic policy, are also needed. Economic policy obviously operates within a certain political and institutional framework and the reaction of economic actors to such policy (partly conditioned by historical performance and anticipated from past behavior) is a condition for the policy's implementation. The degree of freedom for the design and implementation of the appropriate mix of economic policy depends on the designers' willingness to redesign and their perception of the feasibility of modifying the political and institutional framework. Kalecki was plainly aware of these limitations for effective policy action. In this article we can only highlight *some* of his views on the political economy of prosperity. Kalecki's views on inflation and balance of payments as the two major constraining economic factors to full employment and the place of Kalecki's policy prescriptions within the context of present-day ideas on macroeconomic policy will have to be relegated to separate articles.

II

The level and composition of national output, the ways of achieving it, the manner of economic decision-making, and the distribution of national output — all these considerably affect the welfare of economic subjects. The goals of a society should not be confused with the tools for achieving them, especially in view of the danger of subordination of ends to means[1]. Not surprisingly the aim of full employment is variously interpreted in the discussions on the objectives of economic policy. The desirable level of

employment or, rather, the extent to which unemployment is to be tolerated as a price for achieving this or that objective, is a highly controversial matter, clearly colored by normative judgments. Full employment does not always rank high or assume over-riding priority (objective of first order). Indeed, it may be subordinated to this or that 'ultimate' objective (forced mechanization, irrespective of the state of labor supply, maximization of the index of labor productivity, etc.) as is sometimes the case in developing nations and paradoxically in so-called socialist countries.

In fact, there are well-known conflicts between various objectives of economic policy and the aim of full (near-full) employment is subject to various constraints or side conditions (e.g., a 'tolerable' rate of inflation, 'tolerance' of a deficit of the balance of payments, 'tolerance' of inefficiency and waste, etc.).

For instance, in his earlier writings, Kalecki paid particular attention to the role of an export surplus (over imports) as a stimulus to prosperity and to the extent that expansion, however, brought about, affects the balance of payments, if this expansion is not accompanied by an influx of foreign capital. This deterioration of the balance of payments may impose a limit to the promotion of prosperity *prior* to attaining full employment. Clearly a new dimension is added to the discussion of expansionary macroeconomic policy when the system becomes open with respect to foreign trade[2].

Aside from the substantial differences regarding the aim of full employment, it appears that the sharpest division is on the ways to full employment. In a sense, those who assign a high priority to the objective of full employment tend to favor policies oriented towards consumers' welfare, with some redistribution in favor of labor or lower income groups. They do not assign priority to stimulation of the private sector and market-type arrangements. At the other end of the broad spectrum, there are those who advocate anticyclical measures primarily by means of stimulating the private sector and relying on automatic stabilizers. Probably the most acrimonious bone of contention is the end to which government expenditures are put, while serving as a means to raise effective demand. In a purely economic sense there is nothing ideological or political about techniques, although certainly their application is not politically neutral. Like atomic energy, a budget deficit, or Kahn's multiplier can be used by capitalist, fascist or socialist states of various make-up within their particular 'ism', to promote peaceful uses, to enhance consumers' welfare, to redistribute income to this or that group (labor, capital, bureaucracy, military, etc.) or for waste and destruction. The Keynesian Revolution provided an armory of tools that can be put to various uses (supported or opposed by a majority of the population): deplorable or commendable, more or less efficient or wasteful, constructive or destructive, and, in general, for social progress or regress.

Kalecki distinguished three major ways of generating effective demand in a modern capitalist economy, and he reflected about their adequacy

and relative efficiency in achieving full employment[3]. He concentrated on the relative merits of: 1) deficit spending, 2) stimulating private investment, and 3) redistributing income from higher to lower income groups. Kalecki's contention was that in the main 2 is not sufficient and not satisfactory, but both 1 and 3, subject to an appropriate monetary policy and supporting measures (for neutralizing adverse circumstances), provide adequate (but not necessarily equally satisfactory) means for a permanent maintenance of full employment. Kalecki underscored that much will depend on the institutional set-up of the regime of full employment.

Deficit spending can solve the problem of generating effective demand and, if it is sufficiently large, it can ensure full employment. From the standpoint of generating effective demand various ways may produce the same results, but this is not to say that they are equivalent if account is taken of their economic, social, and political content. That is, various ways have a similar favorable effect on effective demand, but in addition they may lead to a better or worse allocation of resources, income distribution structure of the economy and society, and may produce different side effects. The role of investment in establishing a certain level of national income is not associated with its final destination; whether investment will prove socially useful, useless, or destructive, it generates the same effective demand when it is executed. From the standpoint of creating full employment, the proverbial digging of holes in the ground and filling them again (or the piling up of military hardware) produces the same results as buildings schools, hospitals, roads, etc. This obvious statement has to be made in view of the persistent misunderstanding that the originators of the Keynesian Revolution were indifferent to the degree of usefulness of the projects. Of course, they realized that there are useful and wasteful ways of creating full employment and they preferred the useful to the wasteful. But the problem during the Great Depression was to show the beneficial pump-priming effects of even the useless projects and to fight disastrous fiscal orthodoxy.

Obviously, the first question was to establish the legitimacy of deficit spending and then to concentrate on alternative purposes for which the funds were to be spent most effectively and to the best social interest. The second question involves alternative ways of achieving full employment most economically in terms of allocation of resources. This is clearly colored by the attitude to direct government intervention or to stimuli to private enterprise, to institutional arrangements for resource allocation (planning versus market or planning and market), etc. The point is whether full employment is to be achieved subject to *grosso modo* maintenance of the existing order, distribution of income, economic power groups; or whether it is to be accompanied by a fundamental overhaul of the system. Another crucial aspect of the same problem is the willingness to tolerate various side effects or repercussions of the measures.

To put this in a more fashionable form, it really depends on one's objective function and the various constraints that one may tolerate or wish to impose on the function.
It is probably true that the range of socially and politically acceptable ways of steering the economy and affecting its pattern of development undergoes cyclical fluctuations, i.e., it widens during a slump and narrows down with recovery. The preconceived ideas about the range of ways and incompatibility of measures with some more fundamental desiderate (e.g., complete freedom) are usually shaken by an economic disaster (or the threat of political suicide as a price for not coping with the deteriorating economic performance). Then the restrictions imposed on the means used (such 'side conditions' as no income policy or price controls, no this or that direct control, no nationalization, etc.) are relaxed or abandoned. When the economic situation improves the opposite tendency will prevail. Moreover, over-reliance on a particular instrument may be accompanied by growing disadvantages of using it and certain restrictions may be used on its use[4].

Mindful of political and ideological objections to putting his envisaged full employment program into practice, Kalecki concentrated first on the fundamental theoretical problems of full employment. Later he exposed the practical problems of opposition and resistance with equal force, perception, and lucidity. Even his exploration of alternative ways and his relative emphasis on details was probably colored by what he considered to be the realistic range of choices within the confines and constraints of the economic and political realities as he saw them. Moreover, his work on fundamental postwar economic problems, on the various methods of regulating employment, and on the limitations of anticyclical policy, as contrasted with a policy of full employment, was conducted under the auspices of the Oxford Institute of Statistics where he was employed at the time. Probably a certain toning down was needed to avoid stirring up political controversies adverse to the advancement of the very cause of full employment. Hence, Kalecki did not view abstract alternatives in a Santa-Claus fashion, but already at the initial stage circumscribed his proposals.
Kalecki saw that the process of establishing full employment could be used as a vehicle to effect basic changes in the capitalist system in the direction of what he considered a more just distribution of national income and towards advancing the standard of living of the masses. He saw the opportunity, but he was mindful of the grave problems that this would entail. In Kalecki's interpretation, a policy of full employment not only means « to push employment up to the level where unemployment, other than frictional, is abolished », but it is a « programme for lasting full employment which must be based either on a long-run budget defict policy or on the redistribution of incomes »[5], and the opportunity of state intervention to achieve and maintain full employment is taken as ef-

fecting major changes in the character and *modus operandi* of the economic system. Thus in Kalecki's version, the Keynesian Revolution is distinctly put into service as an engine of economic and social change and progress, where mere mitigation of business fluctuations and maintenance of economic activity around an underemployed equilibrium ceases to be the goal of economic policy, and a new pattern of employment and direction of government spending and intervention becomes a crucial test of the economy's successful performance. Thus, the aim is not to reproduce 'extensively' the existing capitalist system on a larger scale, but to effect intensive-type qualitative changes in the very pattern of the economic process. Surely, such an approach is bound to encounter strong opposition from many quarters, including, on the one hand, those who would wish to preserve the existing order (subject to relatively minor modifications) and, on the other, those who would prefer to kill the patient rather than to save him, in order to set up an entirely different order.

III Kalecki considered that probably the best way of maintaining full employment should rely on the following principles:
1. « *The Government spends so much on public investment and subsidizing consumption of the poorer sections of the population that this secures full employment in combination with that private investment which is necessary to increase the productive capacity of equipment proportionately to the rise in the 'full employment national income'.*
2. « *Public investment is carried on at the rate actually required for satisfying the needs of the community, while all Government spending above this level is devoted to subsidizing mass consumption* »[6].
This regime involves a rising national debt.

Kalecki maintained that a policy which attempts to achieve full employment exclusively or primarily by stimulating private investment cannot be regarded as satisfactory, nor is it likely to be successful for reasons to be discussed later. It should be noted here that the effect of the stimulation of private investment depends on the possibility of predicting the changeable moods and reactions of entrepreneurs. When businessmen are in a very pessimistic mood they may even fail to respond to considerable stimuli. This clearly happens, for instance, when there is a lack of confidence in the political leadership or when there is insecurity owing to a worsening international political situation. The question then is: What is the position if, in an attempt to solve the problem of full employment, instead of relying on encouraging private investment, the government creates effective demand directly through public investment or through subsidizing mass consumption?
The contention is that government spending on public investment and subsidies to mass consumption, either in the form of deficit spending or financed by an increase in income tax, is always theoretical capable of

generating sufficient effective demand for achieving and maintaining full employment. Thus, from the standpoint of generating effective demand, private investment may be replaced by government expenditures and the problem is one of eliminating or minimizing the compensatory adverse effects of public spending on private spending. To satisfy this requirement, the government undertakes public investment that does not compete with private capital formation (the usual examples are public works, highway construction, building of educational institutions, hospitals and presumably such other undertaking that would stimulate desirable private investment, but would not be undertaken by private enterprise itself).

If the government undertakes construction of objects that do fall into the typical sphere of activity of private enterprise and 'competes' with private investment, this tends to reduce the expected rate of profit on the latter and its volume. But direct government investments are clearly beneficial in activities where businessmen find it unprofitable to channel capital, but where social benefits outweigh costs. Kalecki saw the positive effects of a reduction of profit taxes in a slump, as a device for eliminating as far as possible swings in private investment, but he thought that a more reliable approach to offset the swings would be an appropriate and well-planned timing of public investment. However, the method is not devoid of limitations, owing, *inter alia*, to: 1) the non-postponability and urgency of certain types of public investment projects in a given period which makes it very difficult to subordinate their time structure to the need of a stabilization policy; and 2) administrative and political difficulties in view of the insufficient central government control over local administrations which are the main agents of public investments.

Alternatively, government spending may generate effective demand by subsidizing mass consumption by tax reduction or by its counterpart — appropriate transfer payments, such as family allowances, old-age pensions, etc. Direct taxes may be lowered in order to increase spending power. The burden of indirect taxes may be reduced or the government may choose to subsidize prices of necessities. This expenditure (or fall in government revenue) can be financed by borrowing. Financing by loans does not involve offsetting or curtailing private investments (provided that the rate of interest is kept constant by an appropriate monetary policy) and does not encroach on non-subsidized consumption expenditures, thus creating additional effective demand.

The basic rule should be that both public and private investments should not be carried beyond the point where they cease to be useful. If the effective demand created by public investment is insufficient to ensure full employment, the gap should be closed by increasing consumption, rather than by piling up wasteful public or private capital goods.

« *If public investment ... is carried out on an excessive scale a point will be reached where further public investment will be useless. Two bridges over a short stretch of a river may be useful, but to construct a third, fourth, and*

fifth merely to provide employment is absurd. The problem involved is in a way analogous to the difficulties of maintaining full employment by stimulating private investment. Public investment should be undertaken only to the extent to which it serves a reasonable purpose, and the excess of Government expenditure necessary to maintain full employment over this reasonable level of public investment must be devoted to consumption »[7].

During World War II Kalecki attacked the then widespread, and still not uncommon, misconception that it is impossible to have a budget deficit in peacetime whenever it is necessary to promote and sustain full employment, if this leads to a long-term rise in the burden of the debt. He showed the implications of such a debt and that it is feasible to devise special taxes for financing the interest on the public debt which will prevent the rise of the debt from adversely affecting output and employment. Application of the regime of budget deficit as a way of achieving full employment does not involve insuperable difficulties. If, to maintain such a state budget, deficit is required, the scare of the rising national debt is unfounded.

In an expanding economy the interest on the public debt need not necessarily increase out of proportion with the tax receipts at existing tax rates, if the expansion of output is sufficiently large in view of the increase in employment and technical advancement. And, even if the interest charge should increase more quickly than the national income, the problem may be solved by devising a system of taxation to service the debt, so as to provide the means for paying a certain part of the interest on the public debt by an annual capital tax which will not entail disturbances in output and employment. In the method of financing advocated by Kalecki, the interest on the national debt incurred after a certain date would be financed by a special annual capital tax levied on firms and individuals. A rise in the national debt will increase the amount of capital tax to be collected, but will simultaneously increase the interest yielding assets (inclusive of government securities) in private holdings, which would not have come into existence had the budget been annually balanced. The current income after capital tax of some property owners will be lower and of some higher than if the interest on the national debt had not grown. However, their aggregate income will remain unchanged and their aggregate consumption is not likely to alter appreciably. Moreover, the relative profitability of investment is not affected by the incidence of the capital levy since it is paid on any type of wealth in possession. The same capital tax is paid on the principal, irrespective of whether it is in the form of cash, government securities, or real capital goods. Clearly, if investment is financed by borrowing, its profitability is not affected by the capital tax which is then not imposed, since no increase in the wealth of the investing businessman takes place. Thus, Kalecki argued, a rise in the national debt, if the interest on it is financed by an annual capital tax, is in the main 'neutral' as far as forces governing

private investment and capitalists' consumption are concerned. Kalecki paused on the problems involved in the administration of the capital tax and attempted to resolve some of the difficulties. But wherever administrative problems are considered to be unsurmountable, he explored the alternative device of a modified income tax — the incidence of which on the national economy as a whole would be more or less similar to that of the capital tax. The trouble with such an income tax scheme is that, as opposed to a capital tax, it reduces the net (after tax) rate of profit and thus it has a disincentive effect on the propensity to invest. To counteract this adverse effect, Kalecki proposed a modification which would levy income tax on gross income prior to deduction of depreciation. In addition, both replacement and expansionary investments were to be deducted from the taxable amount, and should such a sum exceed taxable income the excess could be carried forward to subsequent accounting periods. Such a tax does not affect the anticipated rate of profit on new investment.

A substantial and continuing budget deficit need not necessarily be associated with a very high level of government spending on goods and services; for the government can increase its outlays on transfers that benefit chiefly the lower income groups. Any extra payment made to them will be substantially spent on consumption, and in this way the budget deficit will contribute to the rise in aggregate expenditure without a rise in government spending on goods and services. Thus, the permanent budget deficit is not the only available way of achieving sustained full employment. The same objective may be secured by redistributive taxation or other measures of income redistribution from higher to lower income groups, which tends to increase overall consumption out of a given national income because the former's propensity to save is higher than that of the latter.

IV Kalecki suggested that the relative advantages of basing a full employment policy on the income tax method, rather than on the budget deficit policy tools, « can be seen in the fact that it not only secures full employment, but at the same time it renders the distribution of incomes (after taxation) more egalitarian. But precisely for this reason, 'full employment through taxation' is likely to encounter a much stronger opposition than a 'budget deficit policy' »[8]. In another paper he argued that if « it has been decided to achieve full employment by increasing consumption, this may be done in a more direct way, and it is not the consumption of the rich that should be increased »[9]. But this is the kind of theoretical problem that can only be considered in relation to the practical difficulties of implementation, such as the strong opposition from the power groups whose power lies in the concentration of wealth. Kalecki maintained that, because of this resistance, policy makers cannot simply choose between the tax weapon and budget deficit. Rather,

they should use the former as much as is realistically possible, and fill the remaining gap by the latter. Given differences in marginal propensities to consume redistribution from the 'rich' to the 'poor' tends to increase the aggregate consumption expenditure and, thereby, effective demand. With reference to redistribution of income by taxation, for instance changes in the structure of taxes and transfer payments, such as a progressive rise of tax rates of higher income groups and a simultaneous reduction of indirect taxes on necessities or seminecessities to the same extent, or an increase in transfer payments to the poor, have the effect on increasing the propensity to consume. But the rise in income tax may have depressing effects on investment, therefore imposing specific limits on taxation. Moreover, uncertainty about taxation may discourage private investment, as investment is a risky undertaking under most circumstances and this added factor may have depressing effects.

The scale of government spending required to ensure full employment is larger via the income tax method than via deficit spending. The former curtails disposable income of those affected and tends to lower their consumption spending and it stimulates effective demand merely to the extent that it falls on savings.

Kalecki was critical of a method of increasing effective demand by relying mainly on raising income tax exemption limits. If this is not accompanied by a rise of other taxes, it would undoubtedly stimulate consumption, as disposable income of those benefiting from the increase in exemption limits would rise. But this is an inferior method of stimulating consumption, both from economic and social standpoints. The poorest strata would not benefit from it as their income might very well be below the exemption limit. Furthermore, the better off would benefit from tax reduction to an increasing extent. This would tend to reduce the efficacy of tax reduction for, as we pointed out, the marginal propensity to consume declines as the income gradation ladder ascends. It is preferable to increase income tax exemptions only up to a certain level, supplementing this method with transfer payments also financed from budget deficit. Another method of stimulating consumption which benefits the poor is reduction or abolition of individual contributions to social insurance.

If wage rates grow faster than productivity, in order to stabilize prices, subsidies may be granted to offset the rise in wage costs. Kalecki perceived in this context the changing role and importance of trade unions as affecting government policy. However, he really threw light on this subject in an article published posthumously[10]. The consequence of rising wages as a result of an increase in trade union power leads, he argued, to an increase in employment, and a fall in wages leads to a decline in employment (« wage cuts contribute to deepening of unemployment rather than relieving it »). Redistribution of income in favor of labor is feasible only if idle capacity prevails (which he considered as a typical state). He then analyzed the effects of various measures to « keep down the cost of living » and placed them in a political setting.

V Investment expenditures have both income and capacity creating effects. A sensible full employment policy faces the notorious problem of the appropriate rate and structure of capital accumulation. Kalecki touched upon this intricate problem when examining the alternative ways to full employment and elaborated on its many facets in his other writings. Even if investment is successfully stimulated, there is no *a priori* reason for such a level of investment to be of the same order of magnitude as that required to create sufficient effective demand to achieve full employment. Kalecki considered two levels of the rate of private investment. He distinguished between I_f — the level of gross investment that creates effective demand sufficient to maintain full employment output, and I_c — the level that is just sufficient to expand the stock of capital proportionately to the rate of change in the labor force and productivity. If capacity increases proportionately to the stock of capital, I_c expands capacity *pari passu* with full employment national output. If in this case full employment is sustained, the rate of utilization of capacity is independent of time. But if technical progress is of a capital absorbing variety, the increase in capacity will be insufficient to obtain full employment output. If investment is at a rate I_c while full employment is maintained, the rate of utilization of capacity must increase, for capacity expands at a slower pace than the stock of capital. Eventually this must lead to a situation where productive capacity is insufficient to employ all employable manpower. The long-run employment that arises is due not to deficiency of effective demand but to a deficiency of capacity. If this state of affairs is to be avoided private investors are to be stimulated not to create sufficient effective demand for sustaining full employment, but to prevent the storage of productive capacity which would otherwise hinder the economy. Investment is required at a level adequate to expand productive capacity proportionately to the long-run rise in full employment output, but no more, and it is folly to push it beyond that level for reasons of demand management. If saving is excessive in relation to private investment, the gap cannot be filled by inducing private investment. For if investment is above that level at which productive capacity expands *pari passu* with the expansion of full employment output that ensues from growth of the labor force and productivity, it creates overcapacity. This tends to depress long term investment. Under the circumstances, measures to induce private investment above a certain level will eventually prove self-defeating. The fall in the rate of utilization of capacity will be reflected in a falling rate of profit, which will, in turn, discourage investment. Here if deficiency of private investment is not compensated by government deficits, macroeconomic policy must be aimed at averting the decline in the rate of private investment in order to prevent setting into motion the forces of contraction (magnified via the action of the multiplier). The policy-maker would have to revert to more of the stimulative medicine to spur private investment.

The problem revolves around the question: Is stimulation of private in-

vestment sufficient to bring the economy out of a recession into sustained full employment? Kalecki's answer is negative. He analysed two alternative methods: 1) the rate of interest and/or profit tax are substantially reduced in a recession and increased during the upswing. The duration and amplitude of the business cycle will be substantially subdued, but fully employment will not be reached even in the boom, although it will not be subject to serious variations. 2) The rate of interest and/or profit tax are pared down in a recession, but not raised again during the upswing, and/or subsidies are offered to private investors (e.g., by allowing deductions from taxable income for the full purchase price or a percentage of it in the form of accelerated depreciation). Here the upswing will be of a longer duration, yet not permanent. A single reduction in the rate of interest or a one-shot cut in profit tax does not eliminate the cycle-generating forces. In the subsequent slump, it is necessary to repeat the measures, i.e., the rate of interest or profit tax must be continuously pared down or the investment subsidies must continuously rise. « Thus in not too remote a time the rate of interest would have to be negative and corporate income tax would have to be replaced by an income subsidy »[11]. Besides one may never be sure of businessmen's reactions, which are greatly influenced by their expectations about the future, colored by the current state of business. During a sharp downswing investment is largely inelastic to the fall of the interest rate (even assuming that monetary policy can lower the interest rate). Tax stimuli might prove to be insufficient partly because the shift of the investment schedule, owing to very pessimistic anticipation of the future, is much sharper than any movement along the curve. If the recession is severe enough, the financial tricks might have little or no influence on the rate of investment. Thus even the more conservative economic advisors realize that recovery requires a measure of public investment in conjunction with financial measures.

To the extent that private enterprise is unable or unwilling to meet the task of creating the required rate and structure of capacity, Kalecki conceived that the logical solution to the problem is for the function of private enterprise in this respect to be taken over by government. This would be particularly advantageous in those activities that are unprofitable for private firms (e.g., slum clearance). He advocated subsidies in the form of cheap credits for modernization projects and promotion of technical dynamism. He also thought that the creation of modern state-owned enterprises may force the private sector to modernize. Whether such firms would be more efficient and whether they were likely to exert the effect Kalecki expected is a moot question. Aside from the controversial question of the private versus the public sector Kalecki's rule for determining the desirable rate of private investment is debatable. That rule was unquestionably a very useful antidote to the notion that full employment can be simply reached by inducing private investment. Basically, the analytical distinction drawn by Kalecki between the two

levels of investment is of major importance. Labor productivity is not a function of technical progress *per sé*: changes in production methods affect largely new investment and the choice of the appropriate rate of « maximization of labor productivity » is a basic question[12]. The rise of labor productivity via investment in a fully employed economy entails the reduction of private or collective consumption. As Joan Robinson put it, once the regime of full employment becomes accepted, « the old concept of 'abstinence' comes into its own, and again the allocation of resources between consumption in the present and accumulation for the future becomes one of the central problems of economic policy »[13].

VI Such questions like full employment cannot concentrate only « on the purely economic aspects of the problem without paying due consideration to political realities ». In his prophetic *Political Aspects of Full Employment*, Kalecki predicted the *régime* of a « political business cycle »[14]. This is a subject beyond the scope of this article, but only one aspect of the « future economic *régime* of capitalist democracies » must be emphasized: In the slump « public investment financed by borrowing will be undertaken to prevent large scale unemployment. But if attempts are made to apply this method in order to maintain the high level of employment reached in the subsequent boom a strong opposition of 'business leaders' is likely to be encountered » because « lasting full employment is not at all to their liking. The workers would 'get out of hand' and the 'captains of industry' would be anxious to 'teach them a lesson'. Moreover, the price increase in the upswing is to the disadvantage of small and big *rentiers* and makes them 'boom tired'. In this situation a powerful block is likely to be formed between big business and *rentier* interests, and they would probably find more than one economist to declare that the situation was manifestly unsound. The pressure of all these forces... would most probably induce the Government to return to the orthodox policy of cutting down the budget deficit. A slump will follow in which Government spending policy would come again into its own ». This « *régime* of the political business cycle would be an artificial restoration of the position as it existed in nineteenth century capitalism. Full employment would be reached only at the top of the boom, but slumps would be relatively mild and short-lived »[15].

Profound changes occurred in postwar « Keynesian capitalism ». The problem of effective demand assumed new dimensions. But this is not the only fundamental economic problem. For instance, we are increasingly faced with the problems of a supply-constrained economy in various sectors and activities. There are good pointers in Kalecki's writings towards an explanation of the inflationary phenomenon. The question of development bottlenecks, barriers, and ceilings, figures prominently in his theorizing on growth processes.

Another aspect is that of the 'armaments market' in postwar economic

progress in the USA. Kalecki felt that the Western economies are still far from a reasonable full employment and capacity output. But he was particularly disappointed about the tendency in the composition of output (demand). He saw the ultimate aim of all economic activity as the maximum possible advancement of living standards and quality of life of the entire population; i.e., the deployment of economic resources to enhance real progress which would be equitably shared among the various strata of society. In his words:

« *Consider the direction of government expenditure undertaken in order to maintain full employment. From this point of view of creating effective demand this does not matter (but) ... most rational ... would be to spend on investment and thus to accelerate the development of the economy; and to contribute through government expenditure (or reduction of taxation) to the increase in consumption of the broad masses of the population. ... at present the available economic surplus is to a great extent used to produce armaments.*

Thus the economy is kept going by armament expenditures and people are assured of their livelihood through the manufacture of the means of destruction. To an outsider, this looks fairly absurd, because the surplus could have been used to increase either investment or consumption. In fact, however, it is wasted or worse.

But, absurd though it is, even such a method of maintaining full employment assures modern capitalism of a fair degree of political stability, because although the levels of mass consumption are not as high as they could be, they are still much higher than those that would prevail under conditions of unemployment. Moreover, if full employment is consistently maintained, and if the relative share of labour in national income remains constant, there will be also some continuous increase in the real wage because of the rising productivity of labour: if the labour forces are continuously employed, if there is a rise in productivity and if the relative share of labour in the national income is unaltered, it is perfectly clear that the real wage is bound to rise »[16].

The Great Depression changed the character of the capitalist economy. The Keynesian Revolution supplied the remedies for the ailing patient[17]. The propagation of the general theory of employment and its policy implications made business cycle theory no longer popular. Governments recognized their responsibility for maintaining high employment through fiscal and monetary policy. The focus shifted to ways and means of stabilization or full employment policies, to minimizing the adverse side effects of such policies, and to factors hampering implementation of effective policies. Yet in the postwar period business cycles in substantially milder form continued not so much because we do not know how to mitigate them, but largely because the political problems involved in achieving and maintaining full employment are formidable. There are well-known limitations to fiscal and monetary policy interventions. The postwar instability is not so much a reflection on the potency of antidotes as on their misuse and often disuse.

This is not to say that, if there were no political consideration the existing framework of fiscal and monetary policy could practically eliminate the amplitude of fluctuations. For one, because of built-in lags and rigidities, it is indeed quite possible for intervention to help in keeping oscillations alive. Also it is necessary to take into account the quite separate fact that political interventions have a timing of their own which may produce fluctuations. Furthermore, given the problems of diagnosis and prediction, it seems that the critics of macroeconomic policy tend to expect too much from it in an uncertain world. Whatever the serious blunders of the experience with stabilization policies so far, including the lack of congruence between such policies and the Keynesian conception (and better still the Kaleckian conception), on the whole we are better off with them than without them. At this juncture the problem is advancing theory and techniques of economic policy and modifying the political and institutional framework to prevent the political business cycle from recurring. In our day and age, and in the foreseeable future, it is the pattern of the political business cycle, together with the distribution of income and the determination of what growth and employment are for, that is the crucial issue awaiting solution.

G. R. F.

BIBLIOGRAPHY AND NOTES

1 On the confusion see the particularly lucid comments in RICHARD KAHN, *Essays on Employment and Growth*, Cambridge University Press, Cambridge, 1972, p. 124. JAN TINBERGEN's standard formulation of aims and means of economic policy can be found in *Economic Policy*, Rand McNally, Chicago, 1967, pp. 11-26 and *passim*; Cf. LIONEL ROBBINS, *Essays on the Nature and Significance of Economic Science*, Macmillan, London, 1932.

2 Cf. M. KALECKI, *Studies on the Theory of Business Cycles, 1933-1939*, Polish Scientific Publishers, Warsaw, 1969, pp. 16-39.

3 While KALECKI expounded on full employment in many articles written in the 1930s, the most comprehensive treatment of the subject is to be found in his contribution, *Three Ways to Full Employment*, in *The Economics of Full Employment*, Basil Blackwell, Oxford, 1948, pp. 39-58. His other interesting contributions to this subject include *The White Paper on Employment Policy*, OISB, June 10, 1944, pp. 131-35; *Economic Implications of the Beveridge Plan*, OISB, February 20, 1943, pp. 2-7; *Full Employment by Stimulating Private Investment?*, Oxford Economic Papers, March, 1945, pp. 83-92; *The Maintenance of Full Employment in the Transitional Period*, International Labor Review, November, 1945, pp. 449-64; *A Comment on 'Monetary Policy'*, Review of Economics and Statistics, No. 3, 1946, pp. 81-84; *Multilarism and Full Employment*, Canadian Journal of Economics and Political Science, Vol. 13, 1946, pp. 322-27.

4 Cf. TINBERGEN, *op. cit.*

5 KALECKI, *The White Paper on Employment Policy*, p. 135.

6 KALECKI, *Full Employment by Stimulating Private Investment?*, p. 89.

7 *Ibidem.*

8 KALECKI, *Three Ways to Full Employment*, p. 55.

9 KALECKI, *Full Employment by Stimulating Private Investment?*, p. 87.

10 KALECKI, *Class Struggle and the Distribution of National Income*, Kyklos, No. 1, 1971, pp. 1-9.

11 KALECKI, *Political Aspects of Full Employment*, Political Quarterly, No. 4, 1943, p. 329.

12 Cf. KALECKI, *Introduction to the Theory of Growth in a Socialist Economy*, Blackwell, Oxford, 1969.

13 JOAN ROBINSON, *Collected Economic Papers*, Vol. I, Blackwell, Oxford, 1951, p. 101.

14 Political Quarterly, No. 4, 1943, pp. 322-31.

15 *Ibid.*, pp. 329-30.

16 KALECKI, *Wysoko rozwinieta i zacofana gospodarka kapitalistyczna: Roznice w weslowych problemach gospodarczych*, Ekonomista, No. 5, 1966, pp. 971-73.

17 Cf. L. R. KLEIN, *The Keynesian Revolution*, Macmillan, New York, 1966; B. M. FRIEDMAN, Economic Stabilization Policy, North Holland, Amsterdam, 1975; and A. S. BLINDER and R. M. SOLOW, *Analytical Foundations of Fiscal Policy* in BLINDER *et al.*, *The Economics of Public Finance*, Brookings, Washington, 1974. For a criticism of postwar stabilization policies see M. FRIEDMAN, *Inflation and Unemployment*, Nobel Lecture (mimeographed), Stockholm, and for a defence of these policies see F. MODIGLIANI, *The Monetarist Controversy*, American Economic Association, Presidential Address (mimeographed), 1976, and J. TOBIN, *The New Economics One Decade Older*, Princeton University Press, Princeton, 1972.

Piena occupazione: come, cosa, per chi

GEORGE R. FEIWEL
The University of Tennessee, Knoxville

Negli ambienti specializzati si tende a rivalutare in misura crescente il grande contributo che Kalecki diede alla rivoluzione keynesiana. Non solo Kalecki ha anticipato la *Teoria Generale* di Keynes ma, sotto molti aspetti, la sua variante si è dimostrata molto più valida da un punto di vista analitico, e costituisce una teoria più generale rispetto a quella di Keynes. Sebbene i due economisti avessero molti punti in comune, essi trassero conclusioni politiche molto differenti dalla loro teoria. Kalecki era molto più pessimista e, a posteriori, si è dimostrato molto più realista di Keynes. In questo scritto intendiamo riferirci soltanto alla posizione di Kalecki in merito alla politica della piena occupazione e al problema fondamentale degli scopi cui una simile politica dovrebbe tendere. Come Kalecki ha sostenuto con vigore, il problema dei modi per giungere alla piena occupazione, e i contenuti di questa, è materia che attiene, per eccellenza, all'economia politica: in cui non solo conta la logica dell'argomentazione teorica, ma i problemi di fondo si incentrano sulle considerazioni politiche poste dalla accettabilità o meno dei mezzi alternativi e dalle diverse interpretazioni relative al livello e alle caratteristiche della piena occupazione.

In ogni valutazione del pensiero di Kalecki è essenziale mettere in risalto il fatto che la sua antipatia e il suo atteggiamento critico nei confronti dei grandi monopoli e delle motivazioni monopolistiche costituisce un fattore fondamentale della sua ispirazione e della sua formazione. Occorre far rilevare che la reazione di Kalecki alla grande crisi e alla depressione del 1929 e dell'inizio degli anni '30, che sconvolse la sua nativa Polonia, fu sostanzialmente di tipo radicale: gran parte delle sue idee derivano e sono state influenzate dall'esperienza e dalla minuziosa analisi di questi eventi. Gli sconvolgimenti della Grande Depressione lasciarono su Kalecki una impronta indelebile. La piena occupazione e le sue implicazioni furono sempre l'obiettivo principale del lavoro di tutta la sua vita. La sua preoccupazione per questo problema economico di vitale importanza permea praticamente tutti i campi in cui esercitò la sua attività. Emerge dai suoi studi sulle economie capitalistiche, socialiste e in via di sviluppo, e si riflette in tutta la sua attività di consulenza teorica e pratica. Kalecki, tuttavia, non optò per la piena occupazione a tutti i costi. Il suo lavoro presenta nette implicazioni etiche. Egli era favorevole a una situazione di piena occupazione i cui frutti dovevano portare al miglioramento delle condizioni di vita dei gruppi a reddito più basso. Non sosteneva la necessità che la generazione del suo tempo dovesse compiere immensi sacrifici a vantaggio delle generazioni future; e nemmeno riteneva che una generazione dovesse sacrificarsi per ottenere vantaggi a lunga scadenza. Egli era recisamente contrario al conseguimento di alti livelli di occupazione e di un miglioramento delle condizioni di vita ottenuti tramite l'*escalation* degli armamenti. Lo indignavano la 'disoccupazione pianificata' esistente in alcuni paesi socialisti e gli errori grossolani di assurdi piani perpetrati ai danni del lavoratore/consumatore.

I

Una politica di pura stabilizzazione può essere transitoria e non è detto che contribuisca a portare un'economia depressa verso l'obiettivo della piena occupazione; può non essere in grado di procurare e garantire la prosperità assicurando una espansione a lungo termine prudente e sana dell'economia. Una saggia politica per la piena occupazione deve risolvere, tra gli altri, i seguenti problemi:

1. Occorre decidere sui modi più appropriati di influenzare il tasso e la composizione dell'accumulazione del capitale. È di vitale importanza non confondere le politiche intese a promuovere la crescita con quelle relative alla gestione della domanda reale. Si possono utilizzare modi e mezzi diversi per stimolare o per contenere la domanda reale.

Occorre valutare in che misura vanno stimolati gli investimenti non soltanto alla luce delle esigenze del complesso delle politiche relative alla domanda (crescita a breve termine della domanda reale), ma anche alla luce delle esigenze di razionali politiche relative alla crescita, all'occupazione, al miglioramento delle condizioni di vita delle masse. Combinazioni diverse di politica fiscale e di politica monetaria possono comportare implicazioni divergenti per quanto riguarda la crescita economica, la composizione e la distribuzione del prodotto, nonché l'andamento nel tempo della produzione, dei consumi e dell'occupazione. Bisogna evitare che le politiche macroeconomiche a lungo termine dirette a stimolare e a promuovere la formazione del capitale e l'aumento a lungo termine dell'occupazione (crescita di lungo periodo dell'offerta e della capacità produttiva) vengano compromesse e condizionate dalle esigenze di stabilizzazione della domanda a breve termine. Se si vuole impostare una politica economica razionale occorre tener ben presenti le differenze che esistono tra le oscillazioni nel breve periodo della domanda reale e le esigenze a lungo periodo di una politica di sviluppo della piena occupazione orientata verso il benessere. Occorre dunque che le decisioni relative al dosaggio, alla combinazione e al contenuto appropriati delle misure fiscali e monetarie tengano conto delle esigenze delle politiche di crescita e di distribuzione del reddito, al fine di ridurre al minimo le conseguenze negative che possono accompagnare tali misure. Inoltre, non bisogna sottovalutare il problema di lungo periodo di reperire i mercati per la produzione nazionale che si potrebbe ottenere mediante una piena utilizzazione delle risorse. Né una politica di gestione della domanda può trascurare il problema delle strozzature e degli irrigidimenti dell'offerta che si riscontrano in varie attività, mentre l'economia si riprende dalla crisi e si avvicina alla soglia della piena occupazione. Occorre inoltre sostenere una saggia politica di gestione della domanda facendo ricorso, tra l'altro, a misure che migliorino l'elasticità dell'offerta e che eliminino gli ostacoli all'espansione del potenziale esistente, in modo da garantire l'espansione della domanda complessiva senza pressioni inflazionistiche inaccettabili.

2. Occorre che l'analisi dei costi e benefici delle politiche alternative tenga presenti gli aspetti umani e materiali delle varie alternative, nonché le conseguenze auspicabili o indesiderabili che ogni alternativa comporta in aree diverse da quella economica. Bisogna inoltre tener conto dei limiti che ha il far predizioni in condizioni di incertezza; valutare la possibilità di errori tecnici nelle previsioni, nonché tener conto delle limitazioni insite negli strumenti di politica economica, e quelle dovute a fattori politici, ideologici o di altra natura per ciò che riguarda l'attuazione delle politiche desiderate. Diverse scuole di pensiero economico tendono ad esagerare ora i benefici ora i costi delle politiche macroeconomiche, al fine di dare maggiore importanza o al ruolo benefico di una politica di piano, o all'autosufficienza dei meccanismi endogeni dell'economia, ritenuti capaci di apportare automaticamente prosperità: di qui le 'cattive' conseguenze delle politiche di stabilizzazione. Naturalmente, le limitazioni

imposte a una politica di piena occupazione da parte, diciamo, delle pressioni inflazionistiche e/o della bilancia dei pagamenti (siano esse reali, immaginarie, o utilizzate come spauracchio da vari gruppi di pressione), possono impedire all'economia di conseguire e di garantire una linea orientata verso lo sviluppo della piena occupazione, e possono addirittura portare a una destabilizzazione dell'economia. Chiaramente, una politica di espansione fiscale e monetaria non può da sola garantire lo sviluppo della piena occupazione ed evitare squilibri inflazionistici e della bilancia dei pagamenti.

Elaborando le soluzioni del problema della piena occupazione, Kalecki ha cercato di mostrare sia i vantaggi potenziali sia i limiti delle nostre possibilità di azione. Il ricorso a una politica fiscale e monetaria opportunamente dosata è una componente essenziale e indispensabile della politica economica. Ma non è sufficiente. Per conseguire obiettivi contraddittori come la crescita economica, la piena occupazione e una ragionevole stabilità dei prezzi e della bilancia dei pagamenti, occorre far ricorso anche ad altri strumenti di politica economica. Politica economica che ovviamente funziona all'interno di un determinato contesto politico ed istituzionale: la reazione dunque delle forze economiche a tale politica (in parte condizionata dall'esperienza storica e in parte prevista in base ai comportamenti del passato) è una condizione imprescindibile per la attuazione della politica stessa. Il grado di libertà nella elaborazione e nella attuazione della combinazione appropriata di politica economica dipende dalla disponibilità dei progettatori a rielaborare il quadro politico e istituzionale, nonché dalla loro capacità di valutare la maggiore o minore fattibilità di tali cambiamenti. Kalecki era acutamente consapevole di queste limitazioni ad una efficace azione politica.

In questo articolo intendiamo illustrare soltanto *alcune* delle sue concezioni sulla economia politica della prosperità. Si rimanda ad altri articoli per quanto riguarda il pensiero di Kalecki relativamente alla inflazione e alla bilancia dei pagamenti, considerati due importanti fattori economici limitativi del pieno impiego; altrettanto si dica per le considerazioni relative al ruolo che hanno oggi, nel contesto delle idee attuali sulla politica macroeconomica, le indicazioni di Kalecki relativamente alla politica economica.

II

Molti sono gli elementi che incidono in modo sensibile sul benessere dei soggetti economici: il livello e la composizione del prodotto nazionale, i modi per conseguirlo, le modalità dei processi decisionali nell'economia, nonché la distribuzione del prodotto nazionale. Non bisogna confondere gli obiettivi di una società con gli strumenti necessari per conseguirli, specialmente in vista del pericolo di subordinare i fini ai mezzi[1]. Non sorprende che l'obiettivo della piena occupazione venga variamente interpretato nelle discussioni sugli obiettivi di politica economica. Il livello auspicabile di occupazione, o, piuttosto, la misura in cui la disoccupazione debba essere tollerata in quanto prezzo necessario per conseguire questo o quell'obiettivo, è questione estremamente controversa, e che chiaramente implica diverse valutazioni sulla norma da stabilire. Non sempre la piena occupazione è un obiettivo estremamente importante, o avente priorità assoluta (obiettivo di primo ordine). In effetti, può venire subordinato a questo o a quell'obiettivo 'ultimo' (scelta di tecniche meccanizzate indipendentemente dalla situazione dell'offerta di mano d'opera; massimizzazione del tasso di produttività della mano d'opera, ecc.): come avviene talvolta nelle nazioni in via di sviluppo e, paradossalmente, in paesi cosiddetti socialisti.

In effetti, tra i vari obiettivi di politica economica, vi sono ben noti conflitti e l'obiettivo della piena (o quasi piena) occupazione è sottoposto a vari limiti o condizioni che vanno rispettate (ad esempio, un 'tollerabile' tasso di inflazione, un 'tollerabile'

deficit della bilancia dei pagamenti, 'tollerabili' inefficienze e sprechi, ecc.).
Ad esempio, nei suoi primi scritti Kalecki ha prestato particolare attenzione al ruolo che una eccedenza delle esportazioni sulle importazioni esercita in quanto stimolo alla prosperità, ritenendo che l'espansione, comunque conseguita, incida sulla bilancia dei pagamenti, se questa espansione non è accompagnata da un afflusso di capitale straniero. Questo deterioramento della bilancia dei pagamenti può porre un limite alla promozione della prosperità prima del conseguimento della piena occupazione. Chiaramente, quando il sistema si apre nei confronti del commercio con l'estero, si aggiunge una nuova dimensione alla discussione sulla politica macroeconomica di espansione.[2] Anche a prescindere dalle differenze di fondo relativamente all'obiettivo della piena occupazione, appare evidente che esistono profondi disaccordi sui modi per conseguire la piena occupazione. In un certo senso, coloro che assegnano un'alta priorità all'obiettivo della piena occupazione tendono a favorire politiche orientate verso il benessere dei consumatori, con una qualche sorta di ridistribuzione in favore dei lavoratori o dei gruppi a basso reddito. Costoro non assegnano alcuna priorità alla stimolazione del settore privato e a provvedimenti di carattere liberistico. All'estremo opposto di una vasta gamma di posizioni intermedie si collocano coloro che invocano misure anticicliche soprattutto mediante la stimolazione del settore privato e facendo affidamento su fattori di stabilizzazione automatici. Probabilmente il pomo della discordia è costituito dal fine verso il quale indirizzare gli stanziamenti statali, che hanno la funzione di rinvigorire la domanda reale. In senso puramente economico le tecniche di politica economica non sono connotate né ideologicamente né politicamente, sebbene certamente la loro applicazione non sia politicamente neutrale. Come l'energia atomica, un deficit di bilancio, o il moltiplicatore di Kahn, possono essere utilizzati da stati capitalisti, fascisti o socialisti, dalle più varie connotazioni all'interno del loro 'ismo' specifico, per promuovere usi pacifici, per aumentare il benessere dei consumatori, per ridistribuire il reddito a questo o quell'altro gruppo (lavoratori, capitale, burocrazia, militari ecc.) o per lo spreco e la distruzione. La rivoluzione keynesiana ha fornito un insieme di strumenti che possono essere variamente impiegati (con l'appoggio o l'opposizione della maggioranza della popolazione): usi deplorevoli o lodevoli, più o meno efficienti o inefficienti, costruttivi o distruttivi: per il progresso, in generale, o il regresso sociale.
Kalecki distinse sostanzialmente tre modi per generare una domanda reale in una economia capitalista moderna, e la sua riflessione si volse a considerarne la maggiore o minore adeguatezza ed efficacia relativa per conseguire la piena occupazione[3]. Egli prese in considerazione i meriti relativi di tre differenti strumenti: 1) disavanzo del bilancio della pubblica amministrazione, 2) stimolazione degli investimenti privati e 3) ridistribuzione del reddito dai gruppi di reddito più elevato a quelli di reddito più basso. Il punto di vista di Kalecki era che, in linea di massima, il punto 2 non è né soddisfacente né sufficiente, ma sia il punto 1 che il punto 3, insieme ad una appropriata politica monetaria e a misure di sostegno (per neutralizzare le circostanze avverse), forniscono mezzi adeguati (ma non necessariamente soddisfacenti nella stessa misura) per il mantenimento permanente della piena occupazione. Kalecki sottovalutava il fatto che molto dipende dal quadro istituzionale del regime di piena occupazione.
Il disavanzo della pubblica amministrazione può risolvere il problema di generare una domanda e, se questa è sufficientemente forte, assicurare la piena occupazione. Dal punto di vista della generazione di una domanda reale esistono vari modi che portano agli stessi risultati; ma, se si prende in considerazione il loro contenuto economico, sociale e politico, ciò non significa che tali modi siano equivalenti. Vale a dire che modi differenti esercitano effetti positivi

simili sulla domanda reale, ma oltre a ciò possono portare a una distribuzione delle risorse migliore o peggiore, a diverse strutture dell'economia e della società per quanto riguarda la distribuzione del reddito e, infine, possono produrre effetti collaterali molto diversi. Il ruolo che gli investimenti esercitano nello stabilire un certo livello di reddito nazionale non è collegato con la destinazione finale di questi: sia che gli investimenti si dimostrino utili da un punto di vista sociale, o distruttivi, rimane il fatto che generano la stessa domanda quando vengono realizzati. Dal punto di vista della creazione della piena occupazione, la soluzione ormai proverbiale di scavare buchi in terra per poi riempirli di nuovo (oppure quella di accumulare scorte militari) produce lo stesso risultato della costruzione di scuole, ospedali, strade ecc.

Si è fatta questa ovvia considerazione a causa del pervicace equivoco secondo il quale coloro che dettero origine alla rivoluzione keynesiana sarebbero stati indifferenti al grado di utilità dei progetti. Naturalmente ci si era perfettamente resi conto che esistono modi utili e modi dannosi di creare la piena occupazione, e che quelli utili erano da preferirsi a quelli dannosi. Ma il problema, durante la Grande Depressione, era di dimostrare che anche dai progetti inutili potevano sortire benefici effetti per quanto riguarda la ripresa autosostenentesi dell'attività economica; nonché di combattere la disastrosa ortodossia fiscale.

Ovviamente, il primo problema era di stabilire la legittimità del disavanzo della pubblica amministrazione e quindi di valutare i vari scopi alternativi per i quali i fondi pubblici potevano essere spesi con maggiore efficacia conseguendo i migliori risultati in campo sociale. Il secondo problema comporta modi alternativi di conseguire la piena occupazione con la massima economia possibile per quanto riguarda l'allocazione delle risorse. Tutta la situazione è chiaramente condizionata dall'atteggiamento che si assume riguardo l'intervento statale diretto o nei confronti degli incentivi verso l'impresa privata, nei confronti delle disposizioni istituzionali per quanto riguarda l'allocazione delle risorse (pianificazione in contrapposizione al mercato o pianificazione e mercato), ecc. Il punto è questo: bisogna stabilire se la piena occupazione va conseguita mantenendo grosso modo l'ordine esistente, la distribuzione del reddito attuale, e rispettando i gruppi di potere economici esistenti; o se il conseguimento di questo obiettivo debba essere accompagnato da un rivolgimento di vasta portata del sistema. Un altro aspetto cruciale dello stesso problema è dato dalla disponibilità a tollerare i vari effetti collaterali o le ripercussioni che le misure prese possono comportare. In termini più correnti, tutto in realtà dipende dalla propria funzione di preferenza e dai vari vincoli che si possono tollerare o imporre a questa funzione.

È probabilmente vero che la gamma dei modi socialmente e politicamente accettabili per orientare l'economia e per incidere sui suoi modelli di sviluppo sottostà a delle fluttuazioni cicliche: ossia che tale gamma aumenta durante le crisi e si restringe nei periodi di ripresa. Le idee preconcette che di solito esistono intorno alla gamma delle modalità e alla incompatibilità esistente tra le varie misure che si possono prendere e alcuni desiderata fondamentali (ad esempio la completa libertà), vengono di solito scosse da un disastro economico (o dalla minaccia di suicidio politico, se questo è il prezzo da pagare per l'incapacità di far fronte ad un'economia che si sta deteriorando). Quindi le restrizioni che si sogliono imporre sui mezzi da impiegare (ad esempio, 'condizioni collaterali' tipo nessuna politica dei redditi o nessun controllo dei prezzi, eliminazione di questo o di quel controllo diretto, nessuna nazionalizzazione, ecc.) sono osservate con meno rigore o addirittura abbandonate. Quando la situazione economica migliora, diventano dominanti le tendenze opposte. Inoltre, il far troppo affidamento su uno strumento particolare può accompagnarsi a svantaggi sempre più imponenti connessi all'uso di questo strumento: di qui l'opportunità di imporre restrizioni al suo uso[4].

Consapevole delle obiezioni politiche e ideologiche che potevano frapporsi all'attuazione pratica del suo programma per la piena occupazione, Kalecki si dedicò prima di tutto ai problemi teorici fondamentali della piena occupazione. In seguito egli affrontò i problemi concreti dell'opposizione e della resistenza al suo programma con egual forza, capacità di percezione e lucidità. Anche la sua esplorazione dei modi alternativi e l'importanza maggiore o minore che attribuì a questo o a quel particolare era probabilmente condizionata da quella che egli considerava essere la gamma realistica delle scelte possibili all'interno dei limiti e dei vincoli della sua realtà politica ed economica. Inoltre, il suo lavoro sui problemi economici di fondo del dopoguerra, sui vari metodi per regolare l'occupazione, e sui limiti che, a differenza di una politica di piena occupazione, aveva la politica anticiclica, fu condotto sotto gli auspici dell'Oxford Institute of Statistics, per il quale egli lavorava in quel tempo.

Probabilmente si rese necessario smorzare alquanto le tinte per evitare l'insorgere di questioni politiche contrarie al progresso della causa stessa della piena occupazione. Quindi, Kalecki non prese in considerazione alternative astratte e utopistiche, ma circoscrisse le sue proposte già nella fase iniziale. Kalecki si rendeva conto che il processo di edificazione di una situazione di piena occupazione poteva essere il veicolo per apportare cambiamenti fondamentali nel sistema capitalistico; cambiamenti orientati in una direzione che, a suo parere, avrebbe portato a una più giusta distribuzione del reddito nazionale e al miglioramento delle condizioni di vita delle masse. Egli, pur vedendone la possibilità, si rendeva anche conto dei gravi problemi che ciò avrebbe comportato. Secondo l'interpretazione di Kalecki, una politica per la piena occupazione non significa soltanto « portare la occupazione a un livello tale per cui la disoccupazione, a parte una percentuale minima, è abolita »; ma consiste in un « programma per una piena occupazione duratura che deve fondarsi o su una politica di deficit di bilancio a lungo termine oppure sulla ridistribuzione dei redditi »[5]. L'opportunità di interventi statali per conseguire e garantire la piena occupazione è considerata un elemento in grado di apportare grossi cambiamenti nel carattere e nel *modus operandi* del sistema economico. Così, nella versione di Kalecki, la rivoluzione keynesiana viene nettamente impostata come la molla del cambiamento e del progresso economico e sociale, in cui la pura e semplice mitigazione delle fluttuazioni economiche e il mantenimento dell'attività economica intorno all'equilibrio tra occupazione e disoccupazione cessano di essere l'obiettivo della politica economica, mentre un nuovo modello di politica dell'occupazione e di orientamento degli investimenti e degli interventi statali diventa il banco di prova dei risultati positivi di una economia. Così, lo scopo non è più quello di riprodurre 'estensivamente' il sistema capitalista esistente su scala più vasta, ma quello di effettuare cambiamenti qualitativi di tipo intensivo nel modello stesso di processo economico. Certamente, un approccio di questo genere doveva incontrare una forte opposizione da più parti: da un lato coloro che vogliono conservare l'ordine esistente (introducendo modificazioni relativamente di scarsa portata) e, dall'altro, coloro che preferiscono uccidere il paziente piuttosto che salvarlo, e istituire un ordine del tutto differente.

III

Kalecki riteneva che, con tutta probabilità, il modo migliore di garantire la piena occupazione doveva fondarsi sui principî seguenti:

1. « *Lo stato spende per gli investimenti statali e per sostenere i consumi dei segmenti più poveri della popolazione in modo tale che ciò assicuri la piena occupazione, in combinazione con quegli investimenti privati necessari per aumentare la capacità produttiva degli impianti proporzionalmente all'aumento del 'reddito nazionale di piena occupazione'* ».

2. « *Gli investimenti statali vengono effettuati al tasso effettivamente richiesto per soddisfare le esigenze della comunità, mentre tutte le spese statali superiori a questo livello sono dedicate a sostenere i consumi di massa* »[6].

Un regime di questo tipo comporta un debito nazionale in aumento. Kalecki sosteneva che una politica che tenta di conseguire la piena occupazione esclusivamente o soprattutto mediante la stimolazione degli investimenti privati non può essere considerata soddisfacente, né, con tutta probabilità, suscettibile di conseguire risultati positivi, per motivi che si discuteranno in seguito. Bisogna a questo punto notare che gli effetti della stimolazione degli investimenti privati dipendono dalla possibilità di predire gli umori e le reazioni mutevoli degli imprenditori. Quando gli imprenditori sono di umore particolarmente pessimistico, possono non rispondere anche a stimoli molto forti. Questo, chiaramente, avviene ad esempio quando vi è scarsa fiducia nella direzione politica, o quando il peggioramento della situazione politica internazionale determina una condizione d'insicurezza. Il problema dunque si pone in questi termini: cosa avviene se, nel tentativo di risolvere il problema della piena occupazione, lo stato, invece di basarsi sull'incoraggiamento degli investimenti privati, crea una domanda reale direttamente per mezzo degli investimenti statali, o sostenendo i consumi di massa?

La risposta è che le spese totali per gli investimenti o per sostenere i consumi di massa, sia sotto forma di disavanzo pubblico sia finanziate da un incremento delle tasse sul reddito è sempre — in teoria — in grado di generare una domanda reale sufficiente a conseguire e garantire la piena occupazione. Così, dal punto di vista della generazione della domanda reale, gli investimenti privati possono essere sostituiti dalle spese statali: dunque, il problema è quello di eliminare o minimizzare gli effetti di compensazione negativi che la spesa pubblica ha sulla spesa privata. Per soddisfare queste esigenze, lo stato si orienta verso investimenti pubblici che non entrano in competizione con la formazione del capitale privato (gli esempi usuali sono i lavori pubblici: costruzione di autostrade, di scuole, di ospedali e altre iniziative che, presumibilmente, siano in grado di stimolare desiderabili investimenti privati, ma che l'impresa privata non intraprenderebbe mai per proprio conto). Se lo stato penetra in aree che rientrano nella sfera delle attività tipiche delle imprese private e si pone in concorrenza con gli investimenti privati, ciò tende a ridurre il saggio di profitto previsto e quindi il volume degli investimenti. Ma gli investimenti statali diretti esercitano chiaramente effetti benefici quando sono indirizzati verso quelle attività in cui gli imprenditori non investono capitali perché improduttive, ma che producono benefici sociali ben superiori ai costi. Kalecki era consapevole degli effetti positivi che una riduzione delle imposte sui profitti può esercitare durante una depressione: tale riduzione, infatti, si configura come uno strumento per eliminare, per quanto possibile, le fluttuazioni degli investimenti privati; ma egli riteneva che un approccio più sicuro per eliminare le fluttuazioni doveva essere una programmazione appropriata e ben congegnata degli investimenti statali. Tuttavia, il metodo ha i suoi limiti; e ciò, fra le altre cose, a causa di: 1) la non rimandabilità e l'urgenza dei progetti di investimento statale di questo tipo in un determinato periodo, che rende molto difficile subordinare i tempi all'esigenza di una politica di stabilizzazione; e 2) le difficoltà amministrative e politiche causate dal controllo insufficiente che il governo centrale esercita sulle amministrazioni locali, che rappresentano i veicoli principali degli investimenti statali.

In alternativa, le spese statali possono generare una domanda reale sostenendo i consumi di massa mediante riduzioni fiscali o meccanismi analoghi: trasferimenti appropriati come assegni familiari, pensioni di anzianità, ecc. È poi possibile anche diminuire le imposte dirette per aumentare il potere di acquisto. L'incidenza delle

imposte indirette può venire ridotta, oppure il governo può decidere per una politica di prezzi sovvenzionati per quanto riguarda i generi di prima necessità. Questa spesa (o diminuzione delle entrate dello stato) può venir bilanciata ricorrendo al prestito. Finanziarsi ricorrendo al prestito non comporta una eliminazione o una riduzione degli investimenti privati (purché il tasso di interesse sia mantenuto costante da una appropriata politica monetaria) e non intacca le spese per i consumi non sovvenzionati, creando così una domanda reale addizionale.

Norma di fondo è che gli investimenti sia statali che privati non debbano essere spinti oltre il punto in cui cessano di essere utili. Se la domanda reale creata dagli investimenti statali è insufficiente per assicurare la piena occupazione, è preferibile colmare il divario aumentando i consumi, e non accumulando beni strumentali inutili, pubblici e privati.

« Se l'investimento pubblico ... viene spinto oltre un certo limite, si arriverà ad un punto in cui un ulteriore investimento pubblico si rivelerà inutile. Può essere che due ponti sopra un breve tratto di fiume si rivelino utili, ma costruirne un terzo, un quarto e un quinto soltanto per offrire occupazione è assurdo. Il problema è in un certo modo analogo alle difficoltà di mantenere una situazione di piena occupazione stimolando l'investimento privato.

L'investimento pubblico va preso in considerazione soltanto nella misura in cui esso è funzionale a uno scopo ragionevole: l'eccesso di spesa statale necessario per mantenere la piena occupazione oltre questo livello ragionevole dell'investimento pubblico deve essere dedicato ai consumi »[7].

Durante la seconda guerra mondiale Kalecki si scagliò contro l'errata convinzione, allora molto diffusa e ancora oggi non rara, secondo la quale è impossibile avere un deficit di bilancio in tempo di pace qualora sia necessario promuovere e mantenere la piena occupazione, se ciò porta a un aggravamento a lungo termine della situazione debitoria. Egli analizzò le implicazioni di un debito di tal fatta e dimostrò che è possibile imporre tasse speciali per finanziare gli interessi del debito pubblico, e che in questo modo si può evitare che il debito stesso assuma proporzioni tali da incidere negativamente sulla produzione e sulla occupazione.

L'applicazione del regime di deficit di bilancio come mezzo per conseguire il pieno impiego non comporta difficoltà insuperabili. Se per mantenere un bilancio statale di questo tipo è necessario un deficit, il timore di un incremento del debito nazionale è infondato.

In una economia in espansione, dunque, gli interessi del debito pubblico non aumentano necessariamente in modo non proporzionale al gettito fiscale determinato dal carico fiscale esistente, se l'aumento dell'occupazione e il progresso tecnico inducono un sufficiente aumento della produzione. E anche se l'incidenza degli interessi dovesse aumentare più rapidamente del reddito nazionale, si può risolvere il problema del pagamento del debito introducendo un sistema fiscale, strutturato in modo da fornire i mezzi per pagare una determinata parte degli interessi del debito pubblico mediante una imposta annua sul capitale, che non comporterà perturbamenti per quanto riguarda la produzione e l'occupazione. Nel sistema di finanziamento sostenuto da Kalecki, gli interessi del debito nazionale, a partire da una certa data, dovrebbero venir finanziati da una imposta annuale speciale sul capitale delle aziende e dei singoli individui. Un aumento del debito nazionale porterà ad un aumento della imposta sul capitale, ma comporterà simultaneamente un aumento delle attività fruttifere (compresi i titoli di stato) delle imprese private, che non si sarebbe verificato se il bilancio pubblico fosse rimasto in pareggio in ogni anno. Il reddito corrente al netto dell'imposta sul capitale sarà per alcuni proprietari maggiore e per altri minore di quanto sarebbe stato se l'interesse sul debito nazionale non fosse aumentato. Comunque, l'insieme dei loro redditi non subirà modificazioni, e l'insieme dei loro consumi, molto probabil-

mente, non si modificherà in modo apprezzabile. Inoltre, la redditività relativa degli investimenti non risente dell'incidenza del prelievo fiscale sul capitale, poiché tale prelievo riguarda qualsiasi tipo di ricchezza si possieda. Si viene a pagare la stessa imposta sul capitale, sia esso sotto forma di denaro contante, titoli di stato o beni strumentali. Chiaramente, se gli investimenti sono finanziati mediante il prestito, la loro redditività non risente della imposta sul capitale, che in questo caso non si applica poiché non vi è un incremento della ricchezza dell'imprenditore che investe. Così, sosteneva Kalecki, l'aumento del debito nazionale, se gli interessi vengono finanziati da una imposta annuale sul capitale, risulta essenzialmente 'neutrale' per quanto riguarda le forze che regolano gli investimenti privati e i consumi dei capitalisti.

Kalecki si soffermò sui problemi che avrebbe comportato l'amministrazione della imposta sul capitale e cercò di risolvere gli aspetti più difficili del problema. Ma, nei casi in cui ritenne che i problemi amministrativi fossero insuperabili, egli valutò lo strumento alternativo di una imposta sul reddito modificata, l'incidenza della quale sulla totalità dell'economia nazionale sarebbe stata più o meno simile a quella dell'imposta sul capitale. Il guaio con questo progetto di imposta sul reddito è che, al contrario di quanto avviene con l'imposta sul capitale, essa riduce il tasso di profitto (al netto di imposta), e ha dunque un effetto disincentivante sulla propensione a investire. Per reagire a questo effetto negativo, Kalecki propose una modifica secondo la quale si sarebbe dovuto applicare l'imposta sul reddito lordo, prima della deduzione degli ammortamenti. Oltre a ciò, si sarebbero dovuti dedurre gli investimenti di manutenzione e di ristrutturazione dall'imponibile. Nel caso in cui questa somma avesse superato l'imponibile, l'eccesso si sarebbe dovuto trasferire ai periodi contabili successivi. Una imposta di questo tipo non incide sul saggio di profitto atteso sul nuovo investimento.

Un deficit di bilancio notevole e continuativo non è necessariamente associato a un livello molto alto delle spese statali per beni e servizi: infatti lo stato può aumentare i trasferimenti, che vanno a vantaggio soprattutto degli strati a minor reddito. Qualsiasi contributo in più nei confronti di questi gruppi verrà sostanzialmente speso nei consumi, e in questo modo il deficit di bilancio contribuirà ad aumentare la spesa totale senza comportare un aumento della spesa statale per beni e servizi. Così, il deficit permanente di bilancio non è l'unico modo possibile di conseguire la piena occupazione. Si può raggiungere lo stesso obiettivo mediante una tassazione ridistributiva, o con altre misure di ridistribuzione del reddito dagli strati a reddito più elevato. Queste misure tendono infatti a far aumentare la quota del reddito nazionale destinata al consumo, poiché la propensione al risparmio dei redditi più elevati è maggiore di quella dei redditi meno elevati.

IV

Kalecki fece presente che il vantaggio di fondare una politica della piena occupazione sul metodo della tassa sul reddito, e non utilizzando gli strumenti di una politica fondata sul deficit di bilancio, « si basa sul fatto che ciò non soltanto assicura una piena occupazione, ma nel tempo stesso rende la distribuzione dei redditi (al netto delle imposte) più egualitaria. Ma proprio per questo motivo la 'piena occupazione da conseguirsi mediante la politica fiscale' probabilmente incontrerà una opposizione molto più forte che non una 'politica di deficit di bilancio' »[8]. In un altro scritto egli affermava che, se « si è deciso di conseguire la piena occupazione aumentando i consumi, ciò si può fare in modo più diretto, e non sono i consumi dei ricchi che dovrebbero essere aumentati »[9].

Ma questo tipo di problema teorico si può prendere in considerazione soltanto in relazione alle difficoltà pratiche di attuazione: ad esempio, la violenta opposizione da parte dei gruppi il cui potere sta proprio nella

concentrazione della ricchezza. Kalecki sosteneva che, a causa di questa resistenza, gli uomini politici non possono scegliere semplicemente tra l'arma fiscale e il deficit di bilancio. Invece, essi dovrebbero usare l'arma fiscale il più realisticamente possibile, e colmare il divario con questo secondo mezzo. Una determinata differenza nella propensione marginale alla ridistribuzione dei consumi dai 'ricchi' ai 'poveri' tende a far aumentare la spesa totale per i consumi e, dunque, la domanda reale.

Per quanto riguarda la ridistribuzione del reddito mediante la politica fiscale, per esempio, i mutamenti della struttura fiscale e dei trasferimenti (ricorrendo a un aumento progressivo dell'incidenza fiscale sui gruppi a reddito più elevato, e a una riduzione simultanea delle imposte indirette sui generi di prima necessità o assimilabili, oppure a un aumento dei trasferimenti verso i poveri) hanno l'effetto di aumentare la propensione al consumo. Ma un aumento dell'imposta sul reddito può avere effetti depressivi sugli investimenti, e, dunque, porre vincoli specifici al prelievo fiscale. Inoltre, l'incertezza sulla politica fiscale può scoraggiare gli investimenti privati: infatti l'investimento presenta, nella maggior parte dei casi, un margine di rischio che, con l'aggiunta anche di questo fattore, può divenire scoraggiante.

L'entità delle spese statali necessarie per assicurare la piena occupazione risulta maggiore utilizzando il metodo dell'imposta sul reddito che non ricorrendo a finanziamenti in disavanzo.

Il primo sistema riduce i redditi di coloro che vengono sottoposti al prelievo fiscale e tende quindi a diminuire i loro consumi. Esso stimola la domanda reale soltanto nella misura in cui incide sui risparmi.

Kalecki era molto critico nei confronti di un metodo che aumentava la domanda reale facendo essenzialmente affidamento sull'innalzamento dei limiti di esenzione dalla imposta sul reddito.

Se tale misura non è accompagnata dall'imposizione di altre tasse, ciò porta senza altro a stimolare i consumi, nella misura in cui aumenta il reddito disponibile di coloro che usufruiscono dell'innalzamento dei limiti di esenzione. Ma questo non è un metodo molto valido di stimolare i consumi, sia da un punto di vista economico che sociale. Infatti, gli strati più poveri della popolazione non ne traggono alcun beneficio in quanto probabilmente i loro redditi sono molto al di sotto dei limiti di esenzione. Inoltre, man mano che il reddito sale, i vantaggi che si traggono dalla riduzione fiscale aumentano sempre di più. Questo porterebbe a diminuire l'efficacia della riduzione fiscale poiché, come abbiamo fatto notare, la propensione marginale al consumo diminuisce man mano che si sale lungo la scala dei redditi. È dunque preferibile aumentare i limiti di esenzione dall'imposta sul reddito solo sino a un certo livello, integrando questo metodo con trasferimenti anch'essi finanziati dal deficit di bilancio. Un altro metodo per stimolare i consumi che privilegia gli strati sociali più poveri è la riduzione o l'abolizione dei contributi individuali per l'assistenza sociale.

Se i salari aumentano più rapidamente della produttività, per stabilizzare i prezzi è possibile un intervento statale per frenare l'aumento del costo del lavoro. A questo proposito, Kalecki si rendeva conto del ruolo mutato e della crescente importanza dei sindacati, in grado di esercitare un peso sulla politica governativa. Comunque, egli in realtà affrontò questo problema soltanto in un articolo pubblicato postumo[10]. La conseguenza di un aumento dei salari come risultato di un maggior potere dei sindacati porta, egli affermava, a un aumento della occupazione, mentre una diminuzione dei salari porta a una diminuzione dell'occupazione (« la riduzione dei salari contribuisce ad aumentare la disoccupazione e non a diminuirla »). La ridistribuzione del reddito in favore dei lavoratori è fattibile soltanto se continua a sussistere capacità produttiva inutilizzabile (una situazione che egli considerava tipica). Quindi Kalecki passò ad analizzare gli effetti delle varie misure per « diminuire il costo della vita » collocandole in un contesto politico.

V

Le spese per gli investimenti incidono sulla creazione sia del reddito sia della capacità. Una politica razionale per la piena occupazione si trova a dover affrontare il noto problema del tasso e della struttura appropriati dell'accumulazione del capitale. Kalecki prese in considerazione questo complesso problema nel corso della sua analisi sui modi alternativi per conseguire la piena occupazione, e negli altri scritti passò a valutare i numerosi aspetti del problema. Anche se gli investimenti vengono stimolati con successo, non esiste nessun motivo a priori per cui questo livello degli investimenti sia dello stesso ordine di grandezza di quello necessario per creare una domanda reale sufficiente per conseguire la piena occupazione. Kalecki prese in considerazione due livelli del tasso degli investimenti privati. Egli distinse tra un livello I_f dell'investimento lordo, che crea una domanda reale sufficiente per garantire il mantenimento della piena occupazione, e un livello I_c, che è appena sufficiente per aumentare lo stock di capitale in misura proporzionale al tasso di aumento della forza lavoro e della produttività. Se la capacità aumenta proporzionalmente allo stock di capitale, I_c aumenta la capacità allo stesso saggio del reddito nazionale di piena occupazione. Se in questo caso la piena occupazione viene mantenuta, il tasso di utilizzazione della capacità è indipendente dal tempo. Ma se si ha un tipo di progresso tecnico che esige grandi investimenti, l'aumento di capacità sarà insufficiente per ottenere la piena occupazione. Se gli investimenti sono a un tasso I_c mentre si mantiene un regime di piena occupazione, il tasso di utilizzazione della capacità deve aumentare, poiché la capacità cresce a un tasso più lento che non lo stock di capitale. Alla fine ciò porterà ad una situazione in cui la capacità produttiva è insufficiente per occupare tutta la mano d'opera disponibile. L'occupazione a lungo termine che ne deriva non è dovuta alla mancanza di domanda reale, ma a una deficienza di capacità. Se si vuole evitare una situazione di questo tipo, occorre stimolare gli investimenti privati in modo tale non da creare una domanda reale sufficiente per sostenere la piena occupazione, ma da prevenire un accumulo di capacità produttiva che sarebbe di impedimento all'economia. È necessario che gli investimenti siano mantenuti a un livello che porti ad una espansione della capacità produttiva, proporzionale alla crescita a lungo periodo della piena occupazione, ma non oltre; ed è pura follia spingerli oltre quel livello per motivi di gestione della domanda. Se il risparmio è eccessivo in relazione agli investimenti privati, non è possibile colmare questo divario stimolando gli investimenti privati. Poiché, se gli investimenti sono superiori al livello in corrispondenza al quale la capacità produttiva cresce di pari passo con l'aumento della piena occupazione che consegue dall'aumento della forza lavoro e della produttività, ciò crea una situazione di sovracapacità. Ciò tende a deprimere gli investimenti a lungo termine. In questa circostanza, le misure intese a portare gli investimenti privati oltre un certo livello si riveleranno alla fine del tutto negative. La diminuzione del tasso di utilizzazione della capacità si rifletterà in una diminuzione del saggio di profitto, che, a sua volta, scoraggerà gli investimenti. In questo caso, se la deficienza degli investimenti privati non viene compensata da un disavanzo statale, occorre che la politica macroeconomica tenda ad impedire il declino del tasso degli investimenti privati, per evitare che si mettano in moto le forze della contrazione (rese più efficaci dall'azione del moltiplicatore). A questo punto, i politici non dovranno ricorrere a una dose maggiore di stimoli per rimettere in moto gli investimenti privati.

Il problema si impernia sulla questione: la stimolazione degli investimenti privati è sufficiente per portare l'economia da un regime di recessione a uno di piena occupazione duratura? Kalecki dà una risposta negativa. Egli analizzò due metodi alternativi: 1) il tasso di interesse e/o una imposta sui profitti vengono sostanzialmente

diminuiti in una recessione mentre aumentano durante un periodo di espansione. La durata e l'ampiezza del ciclo economico verrà sostanzialmente ridotta, ma la piena occupazione non sarà raggiunta nemmeno nel periodo di boom, anche se l'occupazione non sarà soggetta a notevoli variazioni. 2) Il tasso di interesse e/o una imposta sui profitti diminuiscono durante una recessione ma non crescono di nuovo durante il periodo di espansione, e/o si offrono sovvenzioni agli investimenti privati (ad esempio concedendo detrazioni dal reddito imponibile per il prezzo d'acquisto, o per una percentuale di esso, sotto forma di ammortamento accelerato). In questo caso, l'espansione sarà di durata maggiore, ma non permanente. Una singola riduzione del tasso di interesse o un'unica diminuzione dell'imposta sui profitti non elimina le forze che danno origine ai cicli. Nella recessione successiva sarà necessario ricorrere alle stesse misure, ossia il tasso di interesse o l'imposta sui profitti devono essere continuamente ridotti, o gli investimenti sovvenzionati devono continuamente aumentare. « Così non è troppo lontano da noi il tempo in cui il tasso di interesse dovrà essere negativo e l'imposta sul reddito delle aziende dovrà essere sostituita da una sovvenzione al reddito »[11]. Inoltre non si può mai essere sicuri delle reazioni degli imprenditori, che risultano grandemente influenzati dalle loro aspettative relativamente al futuro, condizionate dalla situazione momentanea dall'economia. Durante una brusca recessione, gli investimenti sono in larga misura inelastici nei confronti della caduta del tasso di interesse (anche presumendo che la politica monetaria sia in grado di diminuire il tasso di interesse). Gli stimoli fiscali possono rivelarsi insufficienti, in parte perché lo slittamento verso il basso della curva di domanda dell'investimento, causato da una visione particolarmente pessimistica del futuro, è molto più notevole di ogni movimento lungo la curva. Se la recessione è abbastanza grave, gli espedienti finanziari possono avere poca o nessuna influenza sul tasso degli investimenti. Così anche gli esperti economici più conservatori si rendono conto che la ripresa richiede un ricorso all'investimento pubblico congiuntamente a misure finanziarie. Nella misura in cui l'impresa privata non è in grado o non intende sobbarcarsi il compito di creare il tasso e la struttura necessaria della capacità, Kalecki riteneva che la soluzione logica al problema fosse, per quanto riguarda la funzione dell'impresa privata a questo proposito, che tale compito venisse assunto dallo stato. Ciò sarebbe particolarmente vantaggioso per quanto riguarda le attività poco redditizie per le aziende private (ad esempio, il risanamento urbano). Egli sosteneva l'utilità di sussidi sotto forma di crediti agevolati per i progetti di modernizzazione e per la promozione di miglioramenti tecnici. Riteneva anche che la creazione di aziende moderne di proprietà dello stato potesse spingere il settore privato a modernizzarsi. Se aziende di tal fatta siano più efficienti e davvero in grado di esercitare quell'effetto che Kalecki prevedeva, è una domanda a cui non si può ancora rispondere con sicurezza. Tralasciando la controversa questione del settore privato o del settore pubblico, la regola che Kalecki trovò per determinare il tasso auspicabile degli investimenti privati è discutibile. Questa regola rappresentò indubbiamente un utilissimo antidoto al concetto che la piena occupazione si possa raggiungere semplicemente spingendo gli investimenti privati. Fondamentalmente, la distinzione analitica che Kalecki tracciò tra i due livelli di investimento è di grandissima importanza. La produttività della mano d'opera non è di per sé una funzione del progresso tecnico: i cambiamenti nei metodi di produzione incidono in larga misura sui nuovi investimenti, e la scelta del tasso appropriato di « massimizzazione della produttività della mano d'opera » è un problema fondamentale[12]. L'aumento della produttività della mano d'opera per mezzo degli investimenti e in una economia con piena occupazione comporta la riduzione dei consumi privati o collettivi. Come disse Joan Robinson, una volta che il regime di piena occupazione

è accettato, « si ritorna al vecchio concetto di 'astinenza', e di nuovo la distribuzione delle risorse tra i consumi del presente e l'accumulazione del futuro diviene uno dei problemi centrali della politica economica »[13].

VI

Problemi come quello della piena occupazione non possono focalizzarsi soltanto « sugli aspetti puramente economici del problema senza prestare debita considerazione alla realtà politica ». Nel suo profetico scritto *Political Aspects of Full Employment*, Kalecki predisse un « ciclo politico delle attività economiche »[14]. Questo problema va oltre i limiti di questo articolo, ma va sottolineato almeno un aspetto del « futuro *régime* economico delle democrazie capitalistiche ».

Nei periodi di recessione « si ricorrerà a investimenti statali finanziati con il ricorso al prestito per prevenire una disoccupazione su vasta scala. Ma se si cerca di applicare questo metodo per mantenere l'elevato livello di occupazione conseguito nel precedente periodo di boom, è probabile che si debba affrontare una forte opposizione da parte dei 'leader delle attività economiche' » perché « una piena occupazione duratura non è per niente di loro gradimento. I lavoratori 'sfuggirebbero di mano' e i 'capitani d'industria' si mostrerebbero ansiosi di 'dar loro una lezione'. Inoltre, l'aumento dei prezzi nel periodo di boom va a vantaggio dei *rentiers* grandi e piccoli, e li 'disgusta del boom'. In questa situazione è probabile che si formi un blocco tra grandi industriali e *rentiers*, e molto probabilmente si troverebbe più di un economista disposto a dichiarare che la situazione è palesemente insostenibile. La pressione di tutte queste forze... costringerebbe con tutta probabilità il governo a ritornare alla politica ortodossa di diminuire il deficit di bilancio. Seguirà quindi una recessione in cui la politica di spesa del governo ritornerebbe quella di prima ». Questo « *régime* del ciclo politico delle attività economiche sarebbe una restaurazione artificiale della situazione come esisteva nel capitalismo ottocentesco. Si raggiungerebbe la situazione di piena occupazione soltanto nel momento culminante del boom, ma i periodi di recessione sarebbero relativamente lievi e di breve durata »[15].

Nel 'capitalismo keynesiano' del dopoguerra sono avvenuti profondi cambiamenti. Il problema della domanda reale ha assunto nuove dimensioni. Ma non è questo l'unico problema economico fondamentale. Ad esempio, noi ci troviamo a dover affrontare in misura sempre crescente i problemi di una economia a corto di risorse in vari settori e attività. Negli scritti di Kalecki esistono parecchie indicazioni per quanto riguarda una spiegazione del fenomeno dell'inflazione. Il problema delle strozzature, dei vincoli e dei limiti dello sviluppo assume una importanza primaria nella sua teorizzazione dei processi di crescita.

Un altro aspetto è quello del ruolo del 'mercato degli armamenti' nel progresso economico degli USA nel dopoguerra. Kalecki riteneva che le economie occidentali fossero ancora molto lontane da un risultato discreto per quanto riguardava la piena occupazione e la capacità produttiva. Ma egli era particolarmente deluso relativamente alla tendenza nella composizione della produzione (domanda). Egli riteneva che lo scopo ultimo di tutte le attività economiche dovesse consistere nel massimo miglioramento possibile del livello e della qualità della vita dell'intera popolazione; vale a dire nello sfruttamento delle risorse economiche per conseguire un progresso reale da ripartirsi equamente fra i vari strati della società. Per citare le sue parole: « *Consideriamo la direzione delle spese che lo stato si è accollato per garantire la piena occupazione. Dal punto di vista della creazione della domanda reale ciò non ha alcuna importanza, (ma) ... sarebbe molto più razionale spendere per gli investimenti accelerando così lo sviluppo della economia; e contribuire mediante spese statali (o riduzioni fiscali) all'aumento dei consumi delle grandi masse della popolazione ... Attualmente il surplus economico*

disponibile è in grande misura impiegato per produrre armamenti.
Così l'economia viene tenuta in moto dalle spese per gli armamenti, e alla popolazione viene dato di che vivere per mezzo della fabbricazione di strumenti di distruzione. A un osservatore esterno ciò appare assurdo, perché il surplus potrebbe essere impiegato per incrementare o gli investimenti o i consumi. In realtà, invece, risulta sprecato o peggio. Ma, per assurdo che sia, anche un metodo di questo tipo per mantenere la piena occupazione garantisce al capitalismo moderno un notevole grado di stabilità politica perché, sebbene i livelli dei consumi di massa non siano elevati quanto potrebbero essere, risultano tuttavia molto più alti di quelli che sarebbero in condizioni di disoccupazione. Inoltre, se la piena occupazione viene coerentemente mantenuta, e se la quota relativa del reddito nazionale spettante ai lavoratori rimane costante, ci sarà anche un certo aumento continuo dei salari reali a causa della crescente produttività del lavoro; se le forze lavorative sono occupate in continuazione, se vi è un aumento della produttività e se la quota relativa del reddito nazionale spettante ai lavoratori rimane inalterata, è perfettamente chiaro che i salari reali sono costretti ad aumentare »[16].

La Grande Depressione mutò il carattere dell'economia capitalista. La rivoluzione keynesiana fornì i rimedi all'economia malata[17]. La diffusione della teoria generale dell'occupazione e le sue implicazioni politiche resero meno popolare la teoria dei cicli economici. I governi accettarono la responsabilità di mantenere una elevata occupazione mediante una politica fiscale e monetaria. L'attenzione s'incentrò sui modi e sui mezzi di stabilizzare le politiche di piena occupazione, sul problema di minimizzare gli effetti collaterali negativi di tali politiche, e su quei fattori che ostacolano l'attuazione di politiche efficaci. Ma nel dopoguerra i cicli economici sono continuati, anche se in forma più lieve: non tanto perché non sappiamo come controllarli, ma in larga misura perché i problemi politici che sorgono per conseguire e mantenere la piena occupazione sono formidabili. Esistono limiti ben noti agli interventi di politica fiscale e monetaria. L'instabilità del dopoguerra non riflette tanto l'inadeguatezza degli antidoti, quanto il pessimo uso e, spesso, l'abuso che se ne è fatto.

Ciò non equivale a dire che, se non esistessero considerazioni politiche, il quadro attuale di politica fiscale e monetaria potrebbe in pratica eliminare l'ampiezza delle fluttuazioni. In primo luogo, a causa di ritardi e di rigidezze implicite, è in effetti molto probabile che gli interventi contribuiscano a mantenere in vita le oscillazioni. Poi è necessario tener conto di una considerazione d'altro genere, e cioè che gli interventi politici hanno tempi propri che possono produrre fluttuazioni. Inoltre, dati i problemi di diagnosi e di predizione, sembra che i critici della politica macroeconomica siano portati ad aspettarsi troppo da questa in un mondo governato dall'incertezza. Sebbene l'esperienza compiuta fino ad oggi con le politiche di stabilizzazione abbia mostrato l'esistenza di seri vincoli, tra cui la mancanza di congruenza tra queste politiche e la concezione keynesiana (e ancora di più con quella di Kalecki), nel complesso ci si trova meglio con queste che senza.

In questa situazione il problema consiste nel far progredire la teoria e le tecniche della politica economica e nel modificare il quadro politico e istituzionale per prevenire il ricorrere del ciclo politico delle attività economiche. Oggigiorno, nel nostro tempo e nel futuro prevedibile, il problema cruciale che ancora attende una soluzione è quello del modello del ciclo politico delle attività economiche, insieme a quello della distribuzione del reddito e della determinazione degli obiettivi della crescita e della occupazione.

G. R. F.

BIBLIOGRAFIA E NOTE

1 Su tale confusione si vedano i commenti particolarmente lucidi di RICHARD KAHN, *Essays on Employment and Growth*, Cambridge University Press, Cambridge, 1972, p. 124 (Trad. it. *L'occupazione e la crescita*, Einaudi, Torino, 1976). Si può trovare la classica formulazione degli obiettivi e dei mezzi della politica economica in JAN TINBERGEN, *Economic Policy*, Rand McNally, Chicago, 1967, pp. 11-26 e passim; cfr. LIONEL ROBBINS, *Essays on the Nature and Significance of Economic Science*, Macmillan, London, 1932.

2 Cfr. KALECKI, *Studies on the Theory of Business Cycles*, 1933-1939, Polish Scientific Publishers, Warsaw, 1969, pp. 16-39. (Trad. it. *Studi sulla teoria dei cicli economici*, Il Saggiatore, Milano, 1972).

3 Tra i molti articoli sulla piena occupazione scritti da KALECKI negli anni '30, la trattazione più esauriente in materia è reperibile nel suo articolo: *Three Ways to Full Employment*, in *The Economics of Full Employment*, Basil Blackwell, Oxford, 1948, pp. 39-58. Altri suoi interessanti contributi al problema sono: *The White Paper on Employment Policy*, OISB, 10 giugno 1944, pp. 131-135; *Economic Implications of the Beveridge Plan*, OISB, 20 febbraio 1943, pp. 2-7; *Full Employment by Stimulating Private Investment?*, Oxford Economic Papers, Marzo 1945, pp. 83-92; *The Maintenance of Full Employment in the Transitional Period*, International Labor Review, novembre 1945, pp. 449-64; *A Comment on 'Monetary Policy'*, Review of Economics and Statistics, n. 3, 1946, pp. 81-84; *Multilarism and Full Employment*, Canadian Journal of Economics and Political Science, Vol. 13, 1946, pp. 322-27.

4 Cfr. TINBERGEN, *op. cit.*

5 KALECKI, *The White Paper on Employment Policy*, p. 135.

6 KALECKI, *Full Employment by Stimulating Private Investment?*, p. 89.

7 *Ibidem.*

8 KALECKI, *Three Ways to Full Employment*, p. 55.

9 KALECKI, *Full Employment by Stimulating Private Investment?*, p. 87.

10 KALECKI, *Class Struggle and the Distribution of National Income*, Kyklos, n. 1, 1971, pp. 1-9.

11 KALECKI, *Political Aspects of Full Employment*, Political Quarterly, n. 4, 1943, p. 329.

12 Cfr. KALECKI, *Introduction to the Theory of Growth in a Socialist Economy*, Blackwell, Oxford, 1969. (Trad. it. *Teoria dello sviluppo di una economia socialista*, Editori Riuniti, Roma, 1967).

13 JOAN ROBINSON, *Collected Economic Papers*, Vol. 1, Blackwell, Oxford, 1951, p. 101.

14 Political Quarterly, n. 4, 1943, pp. 322-31.

15 *Ibidem*, pp. 329-30.

16 KALECKI, *Wysoko rozwinieta i zacofana gospodarka kapitalistyczna: Roznice w weslowych problemach gospodarczych*, Ekonomista, n. 5, 1966, pp. 971-73.

17 Cfr. L. R. KLEIN, *The Keynesian Revolution*, Macmillan, New York, 1966; B. M. FRIEDMAN, *Economic Stabilization Policy*, North Holland, Amsterdam, 1975; e A. S. BLINDER, R. M. SOLOW, *Analytical Foundations of Fiscal Policy*, in BLINDER *et al.*, *The Economics of Public Finance*, Brookings, Washington, 1974. Per una critica delle politiche di stabilizzazione del dopoguerra si veda M. FRIEDMAN, *Inflation and Unemployment*, conferenza per il premio Nobel (ciclostilato), Stoccolma; per una difesa di tali politiche si veda F. MODIGLIANI, *The Monetarist Controversy*, American Economic Association, discorso del Presidente (ciclostilato), 1976, e J. TOBIN, *The New Economics One Decade Older*, Princeton University Press, Princeton, 1972.

È STATO PUBBLICATO

INDEX GENERALIS 1907-1975

di

SCIENTIA

Rivista internazionale di sintesi scientifica

Presentato dal Prof. Giuseppe Montalenti dell'Istituto di Genetica, Facoltà di Scienze della Università di Roma.

L'Index Generalis consiste di un volume di 100 pagine. In esso sono catalogati oltre 3.500 contributi di scienziati di tutto il mondo pubblicati in Scientia durante 70 anni - una storia del pensiero scientifico in questo secolo fino ad oggi.

Le regole adottate per la produzione dell'Index sono indicate in una Legenda che precede l'opera.

L'elaborazione dei dati è stata attuata dal CNUCE, Istituto del CNR.

Prezzo del volume: Europa L. 2.500, altri Paesi $3.50

Per le richieste rivolgersi a:

SCIENTIA - Edizioni speciali - Via Guastalla 9 - 20122 Milano

Attualità di Volta nella Fisica moderna

Discorso tenuto in occasione della cerimonia di apertura delle manifestazioni dell'Anno Voltiano
Como, 5 Marzo 1977

EDOARDO AMALDI
Università di Roma

Durante i 150 anni trascorsi dalla morte di Alessandro Volta il nostro Paese, e più in generale il mondo intero, ha subito varie trasformazioni, anche profonde, nelle sue strutture politiche e sociali, nel suo assetto economico e, forse ancor più, nelle sue conoscenze scientifiche, nelle sue capacità tecnologiche, spesso seguite da importanti conseguenze industriali. Tutti questi mutamenti, o addirittura rivolgimenti, non hanno però in alcun modo cancellato i risultati ottenuti da questo grande cittadino di Como.

I suoi risultati, fin d'allora, sono entrati a far parte di un patrimonio comune, consolidato e accresciuto da ulteriori contributi apportati da altri, i quali nel loro insieme costituiscono una base, un riferimento, di solidità senza paragone superiore a quella di qualsiasi altra delle maggiori costruzioni dell'uomo.

Il lavoro scientifico di Alessandro Volta si è esteso su poco più di trenta anni, situati alla fine del 1700 e comprendenti solo i primi anni del 1800, anni agitati per l'Europa e per il mondo intero. La città di Como, e un Laboratorio creato per lui da un amico, la città di Pavia e la sua Università, i laghi, i fiumi, le montagne e i ghiacciai sono state le sedi in cui Volta ha svolto le sue ricerche, iniziate quando la Lombardia faceva parte del regno di Maria Teresa d'Asburgo, proseguite durante e dopo la occupazione da parte dell'esercito francese comandato dal generale Buonaparte, completate durante la riconquista francese dopo la breve restaurazione austriaca. La definitiva restaurazione austriaca, dopo la sconfitta di Napoleone a Waterloo, non colpì Alessandro Volta che tuttavia, ormai da qualche anno, si era ritirato dalla vita attiva.

Il lavoro di Volta fu quello di uno sperimentatore particolarmente raffinato ed acuto, cosa straordinaria se si pensa che egli fu essenzialmente un autodidatta non avendo avuto chi gli insegnasse come progettare strumenti e costruirli, come preparare ed eseguire gli esperimenti o come cercare di interpretarne i risultati, salvo, ben si intende, il ricorso ai libri a cui lui verso la fine del 1700, come qualsiasi altro, allora o oggi, può sempre fare.

Il grande valore della sua opera fu subito riconosciuto. Oltre alla nomina a socio delle più importanti accademie italiane e straniere, oltre alla no-

mina, da parte di Napoleone, a Cavaliere della Legione d'Onore nel 1805, a Cavaliere dell'Ordine Reale Italiano della Corona di Ferro l'anno successivo e, nel 1810 a Conte del Regno d'Italia, già nel 1816, cioè undici anni prima della sua morte e al tempo della restaurazione austriaca, Vincenzo Antinori di Firenze raccolse le opere di Alessandro Volta e le fece stampare in cinque volumi, dedicandole al Gran Duca di Toscana Ferdinando III e ponendo in fronte al primo tomo un ritratto di Volta inciso da Raffaele Morghen. Da allora le opere di Volta sono state oggetto di ristampe e numerosi studi. Fra le prime mi limiterò a ricordare la Edizione Nazionale in sette grossi bei volumi curati dalla Commissione Voltiana e apparsi fra il 1918 e il 1929, ai quali si aggiunse nel 1966 un ulteriore volume di Aggiunte.

Fra gli studi, assai numerosi, ricorderò il Fascicolo speciale de *L'Energia Elettrica* pubblicato nel 1927 in occasione del 1° centenario della morte di Alessandro Volta, sotto gli auspici della Unione Nazionale delle Industrie Elettriche (UNIEL) e sotto la direzione di O. M. Corbino. In questo bel volume, oltre ad un articolo introduttivo di Luigi Volta, professore dell'Università di Torino e discendente di Alessandro, va ricordato l'articolo di Eligio Perucca su *150 anni di elettrostatica*, un altro di O. M. Corbino su *L'effetto Volta e la teoria elettronica della pila* e altri ancora di varii elettrotecnici come Ferdinando Lori, Luigi Lombardi e Giancarlo Vallauri, di varii fisici come Luigi Puccianti, Enrico Fermi, Enrico Persico, Antonino Lo Surdo, Ugo Bordoni, Quirino Majorana e altri ancora, di chimici come Livio Cambi e di esperti in produzione e trasporto di energia come Alberto Dina, Riccardo Arnò e Giuseppe Sartori.

Vanno ancora ricordati l'importante volume di Giovanni Polvani su *Alessandro Volta*, pubblicato nel 1942 dalla Domus Galilaeana di Pisa, in cui l'opera scientifica di Volta viene esaminata profondamente in tutti i suoi aspetti, e l'altro volume che con lo stesso titolo fu pubblicato nel 1945, a cura del Municipio di Como, in occasione del IIº centenario della Nascita di questo suo grande cittadino.

Non è facile aggiungere oggi qualche cosa di valido e nuovo a studi così vasti e approfonditi. Le aggiunte, inoltre, inevitabilmente scenderebbero in particolari, magari di interesse per lo storico della scienza dedicato a quel particolare periodo, ma non per un pubblico colto non specializzato.

L'opera scientifica di Alessandro Volta riguarda tre grandi capitoli della fisica: l'elettrologia, lo studio dei gas sia dal punto di vista chimico che dal punto di vista fisico e la fisica terrestre, con particolare riguardo alla geologia e alla meteorologia.

Nel campo della meteorologia Volta si occupò a più riprese della elettricità atmosferica e dei metodi per evitare la grandine, problema quest'ultimo ancora non risolto al giorno d'oggi.

Nel campo della geologia egli per esempio chiarì la questione ancora discussa ai suoi tempi dell'origine dei fiumi, che egli attribuì definitivamente alla lenta fusione dei ghiacciai.

Per quanto riguarda lo studio dei gas i risultati più importanti sono la

scoperta del metano, la scoperta della legge di dilatazione dei gas al variare della temperatura e delle leggi dei vapori saturi.

Volta aveva 31 anno e già aveva conseguito varii importanti risultati nel campo della elettrostatica quando, verso la fine del 1776, costeggiando con una piccola barca alcuni canneti sul Lago Maggiore, scopre che dal fondo limaccioso salivano alla superficie bolle di aria infiammabile. Egli si mette a studiare le proprietà di questo gas nativo che viene emesso dal terreno anche in altre località che egli visita, come per esempio alcune zone vicino a Velleia nell'Appennino piacentino. Egli riconosce che questo gas ha proprietà diverse dall'aria infiammabile metallica, come si diceva allora (cioè dall'idrogeno, scoperto e studiato già da varii anni), e pertanto la chiama « aria infiammabile nativa delle paludi ». Ne studia le proprietà di combustione mischiandola con aria comune in proporzioni ben definite, scopre che una simile miscela posta in un recipiente chiuso può venir fatta esplodere con una piccola scintilla elettrica e dimostra che il volume di aria comune necessario per ottenere la combustione completa è quattro volte maggiore per il metano che per l'idrogeno; cioè proprio il rapporto stechiometrico insegnato dalla chimica moderna.

Costruisce quella che divenne nota come la *pistola di Volta* ossia una pistola azionata da una scintilla elettrica che fa esplodere una miscela di aria comune e aria infiammabile e da lui chiamata pistola flogo-pneumatica; progetta perfino un esperimento in cui una pistola posta a Milano veniva azionata da Como a mezzo di un circuito elettrico costituito in parte da un filo metallico sorretto da bastoncini isolanti, in parte dall'acqua dei canali e fiumi che passano per le due città.

Cerca anche di individuare i prodotti della combustione dell'idrogeno con l'ossigeno e a tale scopo costruisce il cosidetto *eudiometro di Volta*, strumento ancor oggi giudicato perfetto allo scopo, a parte l'uso dell'olio di oliva per chiudere la camera di combustione. Egli si rendeva conto di questo inconveniente che gli rese impossibile di giungere ad una risposta all'importante questione, ma, come lui stesso ebbe a lamentare qualche anno più tardi, a quell'epoca non disponeva di una quantità di mercurio sufficiente per poter sostituire l'olio d'oliva con questo metallo liquido.

Nel campo della pneumatica fisica, come ho già detto, Volta stabilisce nel 1791 la legge di dilatazione dei gas, che verrà riscoperta più di nove anni più tardi, nel 1802, da Gay-Lussac, e nel 1795 pubblica le leggi sulla tensione del vapor saturo, precorrendo così di sei anni Dalton.

Il campo di ricerche in cui il Volta raccolse i maggiori successi fu tuttavia quello della elettrologia al cui studio dedicò gran parte della sua vita attiva. I suoi primi scritti risalgono al 1767-1769 ossia a quando aveva fra 22 e 24 anni.

A quell'epoca lo studio dell'elettricità aveva raggiunto un discreto stadio di sviluppo.

Fra i suoi immediati predecessori ricorderò Gray e Wheler che attorno al 1729 avevano, indipendentemente, riconosciuto la distinzione fra isolanti e conduttori della elettricità, du Fay che nel 1733 aveva stabilito l'esi-

stenza di due tipi di elettricità che aveva chimato *resinosa* e *vetrosa* e aveva inoltre riconosciuto le azioni genericamente attrattive e repulsive, che si esercitano fra di queste. Vorrei ancora ricordare von Kleist che nel 1745 scoprì la possibilità della condensazione elettrica, in quella che fu poi chiamata la bottiglia di Leida, Le Monnier e Watson che rispettivamente nel 1746 e 1747 avevano osservato la enorme rapidità di trasmissione del 'fuoco elettrico', come allora si diceva, lungo fili metallici, e ancora Beniamino Franklin, forse il maggiore fra i precursori, che nel 1747 stesso aveva dimostrato la ben nota proprietà delle punte e nel 1752-53 aveva studiato l'elettricità atmosferica, giungendo alla invenzione del parafulmine.

Volta era contemporaneo di Carlo Augusto Coulomb, nato a Parigi nel 1736, ossia nove anni prima di Volta, e morto nel 1806, cioè ventun anni prima del fisico comasco. Questi due fisici dominarono le ricerche nel campo della elettrologia durante gli ultimi trent'anni del secolo diciottesimo. Coulomb con la sua bilancia di torsione riuscì a stabilire la legge che regola le forze che si esercitano fra due cariche elettriche poste a grande distanza rispetto alle loro dimensioni lineari. Questo studio, fra l'altro, gli permise di dare una definizione precisa della *quantità di elettricità* e al tempo stesso di farne una misura assoluta. È con queste ricerche di Coulomb che diventa veramente significativo l'attribuire il segno + e il segno — alle cariche elettriche dei due tipi: resinoso e vetroso, secondo la terminologia introdotta dal du Fay. È ancora Coulomb che studia a fondo la distribuzione delle cariche nei conduttori, giungendo a riconoscere che in condizioni statiche si tratta sempre di distribuzioni superficiali.

L'opera di Volta, pressocché contemporanea, non è certo inferiore anche se orientata lungo linee di ricerca assai diverse. Come già ho detto i suoi primi scritti risalgono al 1767-1769, ma questi contengono considerazioni teoriche rivolte in parte alla critica delle teorie del Beccaria, allora ben noto professore dell'Università di Torino, in parte alla presentazione di una teoria generale dei fenomeni elettrici elaborata dal Volta stesso, teoria destinata a scomparire in non molti anni.

Il primo risultato veramente importante ottenuto da Volta è la scoperta dell'*elettroforo perpetuo*, come lui lo chiamava. Oggi lo chiamiamo l'elettroforo condensatore di Volta. Esso costituisce la prima macchina elettrostatica a induzione e viene ancor oggi insegnato nei corsi di fisica sia a livello preuniversitario che universitario per chiarire la connessione che intercorre fra le grandezze carica elettrica, capacità e differenza di potenziale. La prima macchina elettrostatica per strofinio era stata costruita nel 1660 da Otto von Guericke. A partire da quella data varie altre macchine elettrostatiche basate sugli stessi principi erano state progettate e costruite per oltre un secolo. Ma l'elettroforo perpetuo di Volta era basato su di una intelligente utilizzazione del fenomeno dell'induzione elettrostatica e fu subito oggetto di grande ammirazione da parte di tutto il mondo scientifico internazionale. Perfino il Ministro plenipotenziario Carlo Giuseppe Conte di Firmian, Governatore Generale della Lombardia,

informato dal Volta di questa sua scoperta, gli chiese di presentargli i nuovi esperimenti. La sua invenzione fu descritta dal Volta in una lettera a Priestley del 1775 pubblicata qualche mese dopo a Milano.

È in connessione con lo studio di questo dispositivo che Volta afferma nettamente la necessità di considerare una seconda grandezza elettrica, accanto alla quantità di elettricità, grandezza che egli chiama *tensione*, termine usato ancor oggi per indicare la differenza di potenziale. Egli era giunto a questi risultati attraverso ad una sua ipotesi, quella della *saturazione naturale* riguardante l'attrazione che secondo lui si esercitava fra elettricità e materia. Questa teoria del Volta, come già ho detto, non ebbe lunga vita. Ma resta il fatto che egli, fin dal 1775, lavorò facendo uso dei concetti di tensione e di carica elettrica in modo sistematico e logicamente perfetto.

Egli chiarì anche il concetto di capacità di un condensatore (la bottiglia di Leida costituiva il primo esempio) e di un conduttore.

Volta colse subito la necessità di misurare la tensione elettrica con strumenti di uso universale e a tale scopo tarò in 'gradi equivalenti', come lui diceva, un elettroscopio di Henley trasformandolo così in un vero e proprio elettrometro nel senso moderno della parola.

Più tardi nel 1787-88 Volta inventa l'elettrometro a bilancia, a cui nella seconda metà del diciannovesimo secolo W. Thompson (divenuto in seguito Lord Kelvin) aggiungerà l'anello di guardia, facendone così uno strumento assoluto di precisione, impiegato ancor oggi nei laboratori nazionali e internazionali dedicati alla conservazione e confronto dei campioni e sottocampioni delle diverse unità di misura.

Un ulteriore fondamentale contributo alla metrologia elettrica fu portato da Volta verso il 1799 quando aggiungendo un condensatore ad armature separabili ad un elettroscopio costruì quello che oggi chiamiamo l'*elettroscopio condensatore*, la cui sensibilità è centinaia di volte superiore a quella di tutti gli altri strumenti costruiti da altri studiosi precedenti o suoi contemporanei.

Già da questi risultati è evidente la eccezionale inventiva del Volta soprattutto come sperimentatore. Ma queste qualità ebbero modo di manifestarsi in maniera altrettanto e forse ancor più evidente nel suo ultimo e forse più grande contributo allo studio dei fenomeni elettrici, la scoperta della pila a conclusione della ben nota polemica con Galvani. Non posso certo addentrarmi in un esame dettagliato dei fatti e delle posizioni contrapposte assunte da questi due grandi scienziati, un fisico come Volta e un fisiologo come Galvani. Mi limiterò solo a ricordare che Galvani nel 1791 aveva trovato che le zampe posteriori di una rana subivano violente contrazioni quando venivano toccate in punti opportuni con gli estremi di un arco bimetallico. Questo risultato fece grande scalpore nel mondo scientifico internazionale e subito Volta si mise a ripetere gli esperimenti di Galvani, introducendo diverse varianti per cercare di trovare una interpretazione dei fatti osservati. Su questo punto nacque la polemica che, sia pure assai grossolanamente, si può riassumere dicendo che Galvani riteneva che i nervi

e i muscoli della rana si comportassero come le armature di una bottiglia di Leida, cioè di un condensatore, e che il fluido elettrico, insito nell'organismo, provocasse le contrazioni.
Volta sosteneva che la sede primaria del fenomeno elettrico fosse da ricercarsi nel contatto fra i due metalli e che il corpo della rana avesse solo la funzione di chiudere il circuito elettrico.
Nessuno dei due aveva completamente torto né completamente ragione. Il fenomeno scoperto da Galvani è notoriamente estremamente complicato e certamente trova la sua completa spiegazione in processi elettrici e chimici che nulla o per lo meno ben poco hanno a che fare con l'elettricità animale sostenuta da Galvani. Le ricerche di Volta d'altro canto portarono a varii risultati fondamentali definitivi, fra i quali tre emergono in modo particolare. Il primo è la scoperta di quello che oggi chiamiamo l'*effetto Volta*, cioè la differenza che si osserva fra i potenziali elettrici esterni di due metalli diversi posti a contatto. Il secondo risultato è la impossibilità di produrre una corrente elettrica permanente facendo uso di una catena chiusa costituita da un numero qualsiasi di metalli, cioè sfruttando solo l'effetto Volta. La terza grande scoperta è che una corrente elettrica permanente si ottiene inserendo nella catena metallica un conduttore di seconda specie, come diceva Volta, cioè un elettrolita: con questo era nata la pila di Volta.
Certamente Volta, nell'interpretare questi fenomeni, sottovalutò l'importanza dei processi chimici che hanno luogo alla superficie di contatto fra i metalli e l'elettrolita che, come oggi ben sappiamo, sono quelli che provvedono l'energia necessaria per il mantenimento della corrente elettrica.
Ma la scoperta della pila di Volta alla fine del diciottesimo secolo era in anticipo di circa cinquant'anni rispetto alla scoperta del primo principio della termodinamica che stabilisce che in natura non esistono processi in cui si crea o si distrugge energia, ma solo processi che trasformano una forma di energia in un'altra forma.
La grande scoperta della pila avvenuta nel 1800 fu resa nota al mondo scientifico grazie a una lettera inviata dal Volta a Joseph Banks, Presidente della Royal Society di Londra, che la lesse in occasione di una riunione della Royal Society, rimasta celebre nella storia della scienza.
Assai più ci sarebbe da dire su questi e altri risultati di Alessandro Volta ma, a questo punto, preferisco soffermarmi e fare qualche osservazione generale.
A parte lo straordinario valore scientifico di quasti tutti i risultati che ho ricordato, una delle caratteristiche di Alessandro Volta che più colpiscono è la sua stretta connessione con il mondo scientifico internazionale, la sua sicurezza nel trattare, con grande riguardo e rispetto, spesso con ammirazione ma sempre da pari a pari, con i maggiori scienziati della sua epoca.
Le sue lettere giovanili a Giovanni Antonio Nollet e Giovan Battista Beccaria, i suo contatti con Spallanzani a proposito della riproduzione degli

arti delle salamandre terrestri, la sua corrispondenza con Saussure, con Priestley, con Banks e moltissimi altri, i suoi frequenti viaggi attraverso tutti i maggiori centri culturali europei, portando il più delle volte con sé un vasto assortimento di strumenti con cui illustrare i suoi più recenti risultati, mostrano la sicura fiducia che egli aveva nelle sue forze e la sua grandezza non solo alla scala della sua città e della sua Università o della Lombardia o dell'Italia, ma alla scala europea e mondiale.

Dopo Volta, moltissimi altri scienziati hanno dato contributi fondamentali allo sviluppo delle nostre conoscenze dei fenomeni elettrici. Basti pensare ai contributi di Ampère, di Faraday e di Maxwell, e di moltissimi altri che non posso qui elencare per ragioni di tempo.

Ciò che è cambiato profondamente dai tempi di Volta e di Coulomb ai tempi di Maxwell ed Hertz, ossia dalla fine del diciottesimo alla fine del dicannovesimo secolo, è l'inquadramento generale delle nostre idee sui fenomeni elettrici e magnetici.

Ma i fondamenti, le radici di queste concezioni stanno proprio nei risultati di Volta e di Coulomb i quali a loro volta hanno lavorato partendo dai risultati dei loro predecessori.

E nei quasi cento anni trascorsi dai tempi di Maxwell ed Hertz ad oggi, un altro mutamento, altrettanto importante, ha avuto luogo nelle nostre concezioni. Queste sono ancora basate sulle equazioni di Maxwell, come un secolo fa, ma numerosi nuovi fatti osservati sperimentalmente e la necessità di una coerenza logica interna nella descrizione dei fatti stessi, hanno portato a sviluppare durante i primi trent'anni di questo secolo la teoria della relatività e la teoria quantistica. La teoria della relatività ha fatto scomparire dal nostro linguaggio la parola etere, usata correntemente da Maxwell, ha fatto sparire il concetto di spazio assoluto e di tempo assoluto, usati da tutti a partire dai tempi di Newton, ma proprio attraverso questi mutamenti sostanziali non solo ha conservato le equazioni di Maxwell ma ci ha fatto capire come queste vadano scritte e interpretate.

Qualche cosa di analogo è accaduto con le teorie quantistiche. Queste, sorte per inquadrare i fenomeni atomici e subatomici, ci hanno portato a comprendere come vadano trascritte le stesse equazioni di Maxwell per poterle applicare ai fenomeni che hanno luogo nell'ambito dei più piccoli costituenti della materia. In questo nuovo quadro esse hanno permesso di concepire, progettare ed eseguire numerosissime esperienze, sempre più raffinate, aventi lo scopo di verificare la validità o meno delle nostre attuali concezioni relative al campo elettromagnetico. Ebbene tutti gli attacchi, anche più raffinati, non hanno permesso di individuare falle o manchevolezze in tali concezioni. Tanto per fare un esempio ricorderò che esperienze eseguite abbastanza recentemente hanno mostrato che l'esponente 2 che figura nella legge di Coulomb, secondo cui la forza fra due cariche elettriche è inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza, è corretta in una parte su un miliardo.

Coulomb aveva dimostrato che il valore 2 di tale esponente era corretto

entro circa il 30% e un secolo dopo Maxwell entro una parte su 20.000. Le teorie dei fenomeni elettrici elaborate quasi due secoli fa, di volta in volta, da Franklin, da Beccaria e da Volta, pur conservando un grande interesse per lo storico delle scienze, sono completamente scomparse dal quadro di insieme delle nostre attuali concezioni. Ma la quantità di elettricità definita e misurata da Coulomb e la sua legge delle forze, la tensione elettrica di Volta, perfezionata ed estesa attorno al 1828, dalla teoria del potenziale del matematico Green, il concetto di forza elettromotrice insito nella pila di Volta, sono ancora elementi fondamentali della attuale descrizione dei fenomeni elettrici.

Ma la pila di Volta è, al tempo stesso, all'origine dell'elettrochimica moderna e l'effetto Volta se non il primo, storicamente, è per lo meno uno dei primi fenomeni che, più tardi, hanno rivelato il carattere elettronico della conduzione metallica e la complessità della struttura dei corpi solidi in generale, tanto da poter trovare una spiegazione adeguata solo nel quadro delle teorie quantistiche, circa centotrenta anni dopo che Volta, nella sua polemica con Galvani, lo aveva scoperto e ne aveva enunciato correttamente le leggi.

Se poi si pensa che la pila di Volta è il primo generatore di corrente continua nel senso moderno della parola, si è necessariamente portati a riconoscere nell'opera del grande comasco un momento fondamentale della storia, oltre che della fisica, anche dell'elettrotecnica.

Se avessi parlato di Alessandro Volta, come oggi ho fatto, una quindicina di anni fa io avrei, come chiunque altro, concluso sottolineando il carattere selettivo ma al tempo stesso cumulativo dello sviluppo scientifico e tecnico e avrei parlato di progresso. Ma negli ultimi anni siamo diventati tutti più prudenti nell'usare la parola progresso in quanto, quasi improvvisamente, nel giro di pochi anni abbiamo acquistato coscienza del fatto che lo sviluppo scientifico e tecnologico ha prodotto, oltre a molte conseguenze benefiche, anche tutta una serie di problemi ecologici e sociali di dimensioni senza precedenti. Questi problemi non esistevano certamente ai tempi di Volta, né un secolo dopo, e nemmeno trenta anni fa, cioè subito dopo la seconda guerra mondiale. Essi sono caratteristici della seconda metà del nostro secolo, durante la quale, probabilmente come reazione, anche giustificata sul piano psicologico irrazionale, sembra quasi che abbia inizio una fase, un periodo per così dire antilluminista, inconcepibile per Maxwell, per Volta o andando ancor più indietro per gli enciclopedisti.

È in questo atteggiamento mentale che oggi spesso si parla di concetti astratti come della responsabilità della scienza anziché della responsabilità degli scienziati. E non pochi considerano come ormai definitivamente stabilita la natura non neutrale della scienza. Ma si tratta quasi sempre di persone o gruppi che desiderano vivamente tale mancanza di neutralità per loro scopi particolari. Essi, naturalmente, ritorcono l'argomento, affermando che sono invece i sostenitori della neutralità della scienza ad avere scopi non apertamente dichiarati. Ma se si esaminano concretamente i pro-

grammi di ricerca nel campo delle scienze fisiche e naturali dei diversi Paesi del mondo, dagli Stati Uniti alla Cina, si trova che le grandi linee sono le stesse ovunque, anche se con diverse accentuazioni, pienamente comprensibili se viste nel quadro delle tradizioni locali, dello sviluppo socio-politico dei diversi Paesi e delle mete che si propongono i responsabili della conduzione politica di questi stessi Paesi.

Il fatto, più importante e in un certo senso più grave, è che i problemi connessi o derivanti dallo sviluppo globale di un Paese anche non molto grande, ma visto alla scala di almeno mezzo secolo, trascendono le capacità attuali dell'uomo, il quale solo da pochissimi anni ha cominciato a muovere i primi passi sulla via della scienza dei sistemi. Cosa si debba fare in simili condizioni è difficile dire. Quello che a me sembra tuttavia chiaro è che il lasciare la via del raziocinio, abbandonare la metodologia scientifica, invece di cercare di aggiornarla continuamente in tutti i suoi aspetti, non solo naturalistici ma anche sociologici, sia un gravissimo errore metodologico che non può portare che a un peggioramento della situazione generale.

Per sua fortuna Volta non aveva questi problemi e le sue scoperte erano considerate altamente positive nell'ambito della Repubblica francese, della Corte asburgica e dell'Impero napoleonico. E comunque non avrebbe mai immaginato che i lontani sviluppi delle ricerche a cui lui stesso aveva così efficacemente contribuito, avrebbero finito con il determinare un mondo sovrapopolato di una specie di uomini, chiaramente diversa dall'"homo sapiens', caratterizzata da una insensata corsa agli armamenti e dal non voler rinunciare al continuo aumento dei consumi individuali e dal contemporaneo rigetto di tutti i provvedimenti rivolti a cercare di soddisfare proprio queste esigenze nella loro globalità.

E. A.

Volta's Validity in Modern Physics

Address delivered on the occasion of the opening ceremony of the Voltian Year celebrations
Como, 5th March 1977

EDOARDO AMALDI
Università di Roma

In the 150 years since Alessandro Volta's death, this country, together with the world at large, has undergone many, often profound, transformations in its political and social structures and in its economic organisation. Perhaps the changes have been even greater in its scientific knowledge, and technological capacity, the latter often being followed by important industrial consequences. All these changes, and sometimes upheavals, have in no way cancelled out the achievements of this great citizen of Como. His results immediately became part of a common heritage, which was consolidated and enlarged by further contributions by others, the whole of which form a basis, a reference point of a firmness certainly greater than that of any other of man's greatest constructions.

Alessandro Volta's work spans a period of just over thirty years between the end of the 18th and the very beginning of the 19th century, a period of great unrest in Europe and the whole world. The city of Como, a laboratory built for him by a friend, the city of Pavia and its University, the lakes, rivers, mountains and glaciers were the places where Volta carried out his research. He began them when Lombardy was part of the realm of Marie-Thérèse of the Hapsburgs, continued them during and after the occupation by the French army led by General Bonaparte, and finished them during the French reconquest after the short-lived Austrian restoration. The definitive Austrian restoration after Napoleon's defeat at Waterloo did not affect Alessandro Volta who had retired from active life some years earlier.

Volta's work was that of a particularly sophisticated and keen-minded experimenter. This is extraordinary when it is considered that he was basically self-taught as he had no one to teach him how to design instruments and make them, how to prepare and carry out the experiments or how to find and interpret the results. The only help he got was, of course, from books, as is always possible for anyone to do, both now and then, towards the end of the 18th century.

His work was immediately recognised as being of great worth. As well as being received into the most important Italian and foreign academies, and awarded a Legion of Honour knighthood by Napoleon in 1805, a knighthood of the Italian Royal Order of the Iron Crown the year after and being created Count of the Kingdom of Italy in 1810, in 1816, i.e. eleven years before his death and at the time of the Austrian restoration, Vincenzo Antinori of Florence collected Alessandro Volta's works and had them printed in five volumes, dedicating them to the Grand Duke of Tuscany Ferdinand III and placing at the beginning of volume one a portrait of Volta engraved by Raffaele Morghen. Since then Volta's works have been reprinted and subjected to many studies. Among the first of these was the National Edition in seven beautiful large volumes edited by the Voltian Commission and published between 1918 and 1929, completed by a

further volume of addenda in 1966. One of the numerous studies is the special issue of 'L'Energia Elettrica' published in 1927 on the occasion of the 1st centenary of the death of Alessandro Volta, under the patronage of the National Union of Electrical Industries (UNIEL) and the direction of O. M. Corbino. In addition to an introductory article by Luigi Volta, a professor at Turin University and a descendant of Alessandro, this fine volume contains an article by Eligio Perucca on *150 years of electrostatics*, another by O. M. Corbino on the *The Volta effect and the electronic theory of the pile*, and yet others by various electrical engineers such as Ferdinando Lori, Luigi Lombardi and Giancarlo Vallauri, of physicists such as Luigi Puccianti, Enrico Fermi, Enrico Persico, Antonino Lo Surdo, Ugo Bordoni, Quirino Majorana and others, of chemists such as Livio Cambi and experts in energy generation and transmission such as Alberto Dina, Riccardo Arnò and Giuseppe Sartori.

Also worthy of mention is the important book by Giovanni Polvani, *Alessandro Volta*, published in 1942 by the Domus Galilaeana of Pisa, in which Volta's scientific work is thoroughly examined in all its aspects. Then there is another book by the same name published by the Municipality of Como in 1945 on the occasion of the 2nd centenary of the birth of its illustrious citizen.

It is no easy task today to add something valid and new to such extensive and detailed studies. Any additions would inevitably go into details, of interest perhaps to the science historian specialising in that particular period, but not to educated non-specialist readers.

Alessandro Volta's scientific work is connected with three large chapters of physics: electrology, the chemical and physical study of gases, and geophysics, with special reference to geology and meteorology.

In the field of meteorology Volta on several occasions concerned himself with atmospheric electricity and with methods for averting hail, a problem which has still to be resolved.

In the field of geology he clarified the question, still debated in his times, of the origin of rivers, which he definitively attributed to the gradual melting of glaciers.

The most important results of his studies on gases are the discovery of methane, the discovery of the law of gas expansion with increasing temperature and of the saturated vapour laws.

Volta was 31 and had already obtained important results in the field of electrostatics when, towards the end of 1776, while passing by some canebrakes in a small boat on Lake Maggiore, he discovered that bubbles of an inflammable gas were rising from the slimy bottom. He began to study the properties of this native gas which was given off from the ground also in other places he visited, such as a few areas near Velleia in the Appennines in the Piacenza district. He realised that this gas had properties different from those of the 'inflammable metallic air', i.e. hydrogen (which had been discovered and studied some years earlier) and thus called it « native inflammable marsh air ». He studied its properties of combustion by mixing it with ordinary air in known proportions and discovered that a mixture placed in a closed vessel could be set off by a small electric spark. He arrived at the conclusion that the volume of air required to obtain complete combustion is four times greater for methane than for hydrogen, i.e. exactly the stoichiometric ratio of modern chemistry.

He built what was later called *Volta's pistol*, i.e. a pistol set off by an electric spark which detonates a mixture of ordinary air and inflammable air. He gave it the name of phlogo-pneumatic pistol. He even planned an experiment in which a pistol situated in Milan was fired from Como by means of an electrical circuit consisting partly of a wire supported by insulating poles and partly by the water of the canals and rivers linking the two cities.

He attempted to identify the combustion products of hydrogen and oxygen and built a device known as *Volta's eudiometer*, which

even today is considered as perfectly satisfactory for the purpose, except for the use of olive oil to seal the combustion chamber. He was aware of this drawback which made it impossible for him find an answer to the important question but, as he had occasion to complain some years later, it was not possible to replace the olive oil with mercury as this liquid metal was not yet available to him in sufficient quantity.

In 1791 Volta discovered the law of gas expansion which was rediscovered nine years later in 1802 by Guy-Lussac and in 1795 he published the laws on saturated vapour pressure, six years before Dalton. The field of research in which Volta obtained his most widely acclaimed success was, however, that of electrology, to the study of which he devoted most of his active life. His first writings on the subject date back to 1767-1769, i.e. to when he was 22-24 years old.

At this time the study of electricity had reached a fairly high level.

Noteworthy among his immediate predecessors are Gray and Wheler who, in about 1729 had independently made the distinction between insulators and conductors of electricity, and Fay who, in 1733, had established the existence of two kinds of electricity which he called *resinous* and *vitreous*. He had also discovered the generic action of attraction and repulsion that exists between them. Also important was von Kleist who, in 1745, discovered the possibility of electrical condensation in what was later called the Leyden jar, and Le Monnier and Watson who, in 1746 and 1747 respectively, observed the tremendous velocity of transmission along wires of the 'electric fire' as it was then called. Then there was Benjamin Franklin, perhaps the greatest of his predecessors, who in that same year of 1747 had demonstrated the well known property of points and in 1752-53 had studied atmospheric electricity and invented the lightning conductor.

Volta was contemporary with Charles Auguste Coulomb, born in Paris in 1736, i.e. nine years before Volta, and died in 1806, i.e. twenty years before the Como physicist. These two physicists dominated the field of electrology during the last thirty years of the eighteenth century.

With his torsion balance Coulomb succeeded in establishing the law governing the forces exerted between two electric charges placed at a distance greater than their linear dimensions. Among other things, this study enabled him to give a precise definition of the *quantity of electricity* and at the same time to make an absolute measurement of it. It was through this research by Coulomb that it became truly meaningful to assign the + and — sign to the two types of electric charges, resinous and vitreous, to use Fay's terminology. It was also Coulomb who studied exhaustively the charge distribution in conductors, going as far as to ascertain that under static conditions these are always surface distributions.

Volta's work, which was virtually contemporary, is certainly not inferior, although along quite different research guidelines. His first writings date back to 1767-1769 but contain only theoretical considerations partly in criticism of the theories of Beccaria, a well-known professor at Turin University at the time, and partly presenting a general theory of electric phenomena worked out by Volta himself which was to be dropped only a few years later. Volta's first truly important achievement was the discovery of the *perpetual electrophorus*, as he called it. Today it is known as Volta's condensing electrophorus. It represents the first induction electrostatic generator. It is still used in physics courses at pre-university and university level to explain the relation between electric charge, capacity and potential difference. The first friction electrostatic generator had been built in 1660 by Otto von Guericke. Since then various other electrostatic generators based on the same principles had been designed and built over a period of more than one century. But Volta's perpetual electrophorus was based on an intelligent exploitation of

electrostatic induction and immediately became the admiration of the entire international scientific world. When informed by Volta of his discovery, even the Plenipotentiary Minister Carlo Giuseppe Count of Firmian, Governor General of Lombardy, asked him to show him the new experiments. Volta described his invention in a letter to Priestley dated 1775 which was published some months later in Milan.

It was in connection with this device that Volta clearly underlines the need of a second electric quantity in addition to the quantity of electricity. He called the new quantity *tension*, a term still used today to indicate a potential difference. He obtained these results through one of his hypotheses, that of the *natural saturation* concerning the attraction that he thought was exerted between electricity and matter. But the fact remains that from 1775 on his work was based on the concepts of tension and electric charge in a systematic and logically perfect way.

He clarified also the concept of the capacity of a condenser (the Leyden jar was the first example) and of a conductor.

Volta immediately realised the need to measure electric tension by means of instruments of universal use and for this purpose he graduated a Henley electroscope in « equivalent degrees », as he used to say, thereby turning it into a real electrometer in the modern sense of the word.

Later on, in 1787-88, Volta invented the attracted disc electrometer tow hich W. Thompson (later Lord Kelvin) in the second half of the nineteenth century added the guard ring, thereby making it an instrument of great accuracy which is still used today in national and international laboratories engaged in the preservation and comparison of standards and sub-standard of different units.

Volta made another fundamental contribution to electric measurement in 1799 when he added a separable-plate condenser to an electroscope to make what is today known as a *condenser electroscope*, and which has a sensitivity hundreds of times greater than that of any other instrument built by other workers that preceded or were contemporary with him.

These results already suffice to show how exceptionally inventive Volta was, especially as an experimenter. Nevertheless these qualities were revealed perhaps even more clearly in his latest and probably greatest contribution to the study of electric phenomena, i.e. the discovery of the pile at the end of the well-known controversy with Galvani. It is beyond our present scope to deal in detail with the facts and opposing positions taken up by these two great scientists, Volta the physicist and Galvani the physiologist. Let us merely observe that in 1791 Galvani had discovered that the hind legs of a frog displayed violent contractions when touched in suitable places with the ends of a bimetal arc. This result gave rise to much debate in international scientific circles, and Volta immediately set about repeating Galvani's experiments, introducing a few variations in an attempt to find an interpretation of the observed facts. It was at this stage that the controversy arose, which can roughly be summed up as follows: Galvani maintained that the nerves and muscles of the frog behaved like the plates of a Leyden jar, i.e. like a condenser, and that the electric fluid contained in the organism caused the contractions. Volta argued that the primary site of the electric phenomenon lay in the contact between the two metals and that the body of the frog merely completed the electrical circuit.

Neither was completely right or completely wrong. The phenomenon discovered by Galvani is known to be extremely complex and certainly can only be fully explained in terms of electric and chemical processes that have little or nothing to do with Galvani's animal electricity. Volta's work on the other hand led to several fundamental and definitive results, three of which are particularly significant. The first is the discovery of what is now called the *Volta effect*, i.e. the difference observed between the external electric potentials of two dif-

ferent metals lying in contact. The second is the impossibility of producing a permanent electric current by using a closed circuit consisting of any number of metals, i.e. by exploiting only the Volta effect. The third great discovery was that a permanent electric current can be obtained by inserting into the metal chain a conductor of 'second species', in Volta's terms, i.e. an electrolyte. With this the Voltaic pile was born.

Of course, in his interpretation of these phenomena, Volta overlooked the importance of the chemical processes taking place at the metal-electrolyte interface which, as we know today, supply the necessary energy for the electric current. Nevertheless the discovery of the Voltaic pile at the end of the eighteenth century was fifty years in advance of the discovery of the first principle of thermodynamics which states that no processes exist in nature whereby energy is created or destroyed, but only processes that transform one form of energy into another.

The great discovery of the pile, which took place in 1800, was made known to the scientific world through a letter Volta addressed to Sir Joseph Banks, President of the Royal Society of London, who read it on the occasion of a meeting of the Royal Society that has remained famous in the history of science. Much more could be said about this or other achievements of Alessandro Volta but at this stage it is probably better to keep to observations of a general nature.

Quite apart from the extraordinary scientific value of almost all the results mentioned above, one of Alessandro Volta's most striking characteristics was his close contact with the international scientific world, his confidence in his dealings, very respectful, often admiring, but always between equals, with the greatest scientists of his age.

His early letters to Giovanni Antonio Nollet and Giovan Battista Beccaria, his exchanges with Spallanzani concerning the reproduction of the limbs of land salamanders, his correspondence with Saussure, Priestley, Banks and many others, his frequent journeys to all the more important European cultural centres, on which he usually took with him a vast assortment of instruments for illustrating his most recent results, show the great confidence he had in his capacity and his greatness, not only at the level of his city and his University, or of Italy and Lombardy, but at European and world level.

After Volta, a large number of other scientists have made fundamental contributions to the development of our knowledge of electric phenomena, e.g. Ampère, Faraday and Maxwell, and many others that lack of space prevents me from mentioning here. What changed considerably between the time of Volta and Coulomb and that of Maxwell and Hertz, i.e. between the end of the eighteenth and the end of the nineteenth centuries was the general framework of ideas on electric and magnetic phenomena. Nevertheless the foundations, the very roots of these conceptions lay in the very results achieved by Volta and Coulomb whose work was also based on that of their predecessors.

In the period of nearly one hundred years between Maxwell and Hertz and the present time another equally important change has occurred in our conceptions. The latter are still based on Maxwell's equations as they were one century ago but numerous new experimentally observed facts and the need for logical consistency within the description of the facts themselves, led to the development of the theory of relativity and quantum theory during the first thirty years of this century. The theory of relativity led to the disappearance from our language of the word ether, which was currently used by Maxwell, as well as the concepts of absolute time and space, used by all ever since the time of Newton. On the other hand, it was through these basic changes that it not only preserved Maxwell's equations but has pointed to how they should be written and interpreted.

Something similar happened in the case of the quantum theories. Although worked

out to provide a framework for atomic and sub-atomic phenomena, the latter have shown us how to transcribe Maxwell's equations so that they can be applied to phenomena occurring in the smallest constituents of matter. In this new framework they have made it possible to think up, design and carry out numerous experiments of increasing sophistication aimed at testing the validity of our present conceptions in electromagnetism. None of the attacks made, even the most sophisticated, has revealed any faults or shortcomings in these conceptions. One example proving this are the experiments carried out quite recently which showed that the power of 2 in Coulomb's law, according to which the force exerted between electric charges is inversely proportional to the square of their distance, is correct to one part in a thousand million.

Coulomb had shown that the value of 2 of this power was correct to within about 30% and one century later Maxwell showed the same thing to within one part in 20,000. The theories relating to electric phenomena worked out nearly two centuries ago by Franklin, Beccaria and Volta, although of great interest to the science historian, have completely disappeared from the overall framework of our present-day conceptions. On the other hand, the quantity of electricity as defined and measured by Coulomb and his law of forces, Volta's electric tension as perfected and extended in about 1828 by the potential theory of the mathematician Green, the concept of electromotive force implicit in Volta's pile, are still basic elements in modern descriptions of electric phenomena.

But at the same time Volta's pile lies at the root of modern electrochemistry and the Volta effect is, if not historically the first, at least one of the first phenomena that were later to reveal the electronic nature of conduction in metals and the complexity of the structure of solid bodies in general. Indeed, a satisfactory explanation was found only in the framework of quantum theory some one hundred and thirty years after Volta, in his controversy with Galvani, had discovered it and correctly stated the laws governing it.

Bearing in mind that Volta's pile was the first generator of direct current in the modern sense of the word, it must be acknowledged that the work of the great man from Como was a fundamental stage in the history not only of physics but also of electrical engineering.

Had I been talking about Alessandro Volta, as I am doing today, say fifteen or so years ago, I should, like anybody else, have concluded by stressing the selective but at the same time cumulative nature of scientific and technological development and I should have spoken of progress. In recent years we have all become more cautious in using the word progress as, quite suddenly, in the short space of a few years, we have become aware of the fact that scientific and technological development has not only produced many benefits but also many ecological and social problems of unprecedented proportions. These problems certainly did not exist at the time of Volta or one century after him, or even thirty years ago, i.e. immediately after the second world war. They are typical of the second half of our century when, probably as a reaction which may even be justified at a psychologico-irrational level, a kind of anti-Enlightenment phase seems to have set in which would have been inconceivable for Maxwell, for Volta or, even earlier, for the Encyclopaedists.

This is the mental attitude with which today one often speaks of abstract concepts like the responsability of science rather than the responsability of scientists. Furthermore, a number of people consider that it has now been definitively proved that science is not neutral. Usually however these are people or groups who eagerly seek out this lack of neutrality to further their own aims. Of course, they twist the argument round and claim that it is the supporters of the neutrality of science who have ulterior motives. But if we examine concretely the research programs in the field of physical and natural

science in the various countries, from the United States to China, we find that the main lines are the same everywhere, albeit with different aspects being stressed, which is quite understandable in view of the differences in local traditions, in the socio-political development of the various countries and in the goals pursued by their leaders.

The most important and, in a certain sense, the most serious fact is that the problems connected with or deriving from the overall development of a country, not necessarily a large one, when considered over a period of at least half a century are seen to exceed man's present capacity as he has only just begun to take his first steps along the road to the science of systems. It is hard to say what ought to be done. However, it seems to me to be obvious that to leave the path of reason, to give up scientific methodology, instead of trying to update it continuously in all its aspects, both naturalistic and sociological, would be a very serious methodological error that could only lead to a worsening of the general situation. Volta was lucky enough not to have these problems and his discoveries were considered highly desirable in the French Republic, the court of the Hapsburgs and the Napoleonic Empire. In any case, he would never have dreamt that the later developments of research to which he had so effectively contributed would lead to a world overpopulated by a species of men obviously different from 'homo sapiens' and characterized by an insane arms race, unwilling to give up the continuous increase in individual consumption and rejecting all the measures aimed at attempting to satisfy these very needs in a global fashion.

E. A.

Translation: I. McGilvray - Roma

VIENT DE PARAÎTRE

INDEX GENERALIS 1907-1975

de

SCIENTIA

Revue internationale de synthèse scientifique

Présenté par le Professeur Giuseppe Montalenti de l'Institut de Génétique, Faculté des Sciences de l'Université de Rome.

L'Index Generalis compte 100 pages. Dans cet Index son groupés plus de 3.500 articles de scientifiques du monde entier publiés par Scientia pendant 70 ans - presque une histoire de la pensée scientifique de notre siècle.

Les principes suivis dans la rédaction de cet Index sont expliqués dans une Legenda qui précède le volume.

L'élaboration des données a été confiée au CNUCE, Institut du CNR.

Prix du volume: Europe 2.500 lires, autres Pays $3.50

Adressez vos demandes à:

SCIENTIA - Edizioni speciali - Via Guastalla 9 - 20122 Milano

Scienza & Tecnica 77

Series: Annuari della Scienza e della Tecnica, Vol. 10
Edizioni Scientifiche e Tecniche Mondadori, Milano, 1977
527 pp., figs. and tables, L. 35.000

Scienza & Tecnica 77, frutto della collaborazione di uno staff molto ampio di scienziati e ricercatori, che spesso presentano in prima persona i propri risultati, costituisce il decimo volume di aggiornamento dell'*Enciclopedia della Scienza e della Tecnica* edita da Mondadori e, come gli altri nove che l'hanno preceduto, si presenta tuttavia come una opera a sé stante: rassegna internazionale di un anno di attività scientifica e tecnologica e, nello stesso tempo e prevalentemente, riflessione su temi e indirizzi emergenti, problemi attuali o prospettive future dell'impresa scientifica nel mondo e del suo significato nella realtà e nel destino dell'uomo. Espressioni come 'destino dell'uomo', peraltro, non si incontrano spesso in un'opera come questa, che predilige la concretezza e la sobrietà anche quando, intenzionalmente volta ad attutire l'ormai famigerato divario delle 'due culture', sconfina sul terreno delle discipline e delle tematiche 'umanistiche'. Un pericolo semmai c'era: e cioè che questa stessa sobrietà nascondesse un atteggiamento riduttivistico di fondo, una tendenza a minimizzare l'uomo e i bisogni della società e a recuperarli, più o meno esplicitamente, in una lettura positivistica, 'ingegneristica' della realtà. Una tendenza di questo tipo avrebbe avuto per risultato proprio l'enfatizzazione di quel conflitto di culture che si proponeva di attenuare.
È fuor di dubbio, del resto, che chi intende rivolgere un discorso scientifico globale, che sia formativo e problematico oltre che informativo, e proporre qualcosa di più di una vetrina di 'meraviglie della scienza e della tecnica', deve soprattutto nel nostro paese fare i conti con un tessuto culturale percorso dagli equivoci di un contrasto di culture. E se è vero che gran parte dell'in-

Scienza & Tecnica 77 represents the cooperation of many scientists and researchers from all over the world, often writing about their own personal results. This volume is the tenth yearbook to the *Enciclopedia della Scienza e della Tecnica* (Edizioni Scientifiche e Tecniche Mondadori) and, like the other nine ones that have already been published, it presents itself as an individual work. It is both an international account of a year's activity in science and technology and a consideration of emerging topics and trends, present issues and future views of scientific developments taking place in the world and having an impact on the future of mankind.
Expressions like 'the future of mankind' are not familiar in a work of this kind, that privileges facts and numbers even when trying to fill the famous gap between 'the two cultures' and trespassing on the land of humanities. There was a danger, though: that this linguistic simplicity should hide a reductionist approach, a trend to minimize man and his social needs, dealing with them in a 'positivistic', technological way. Such a trend would have emphasized the conflict between cultures that it meant to mitigate.
Undoubtedly those who think of a global scientific talk, intended to form and inform as well, besides proposing an exhibition of 'scientific and technological wonders', have to take into consideration the ambiguities of the cultural conflict existing in our country. In fact, a great part of the intelligentsia is deeply aware of such a conflict, although people of plain education influenced by mass-media, such as professional men, officials, white collars, teachers, and so on, those people whom the work is addressed

tellighenzia vive tale conflitto consapevolmente e con una sincera profondità di motivazioni, non così è per la fascia dei *mass media* e delle persone di normale cultura in vario modo attive nella società (professionisti, funzionari, impiegati, insegnanti, e così via, ai quali si rivolge in particolare l'opera di cui stiamo parlando): non che, infatti, la cosiddetta cultura umanistica del primato dello spirito, della storia o delle istanze sociali, del libero pensiero creativo sull'interpretazione positiva, 'scientifica' della realtà sia, a tale livello, molto più che un'eco distorta, una vaga istanza, se non addirittura un malinteso o una cattiva coscienza; né che, peraltro, la cosiddetta cultura scientifica vi sia rappresentata da molto più che una costellazione di dati più o meno sensazionali, di spesso scarse e imprecise nozioni teoriche e di qualche fantasma — la bomba atomica, la relatività, l'ingegneria genetica, il 'cervello elettronico'.
Sempre più spesso, da qualche tempo a questa parte, si fa un gran vociferare di scienza e di tecnologia, di responsabilità dello scienziato, di scienza proletaria e scienza borghese, di usi pacifici delle tecnologie nucleari, di neutralità, di razionalità dell'impresa scientifica, e così via. Ma quanto di tale dotto discorrere può ambire a farsi davvero comprendere se sulla scienza e la tecnica le idee sono così spesso confuse ed equivoche? E come può la diffusione di siffatti dibattiti contribuire a una visione più razionale, più consapevole e rigorosa della realtà scientificotecnica?
Come tutte le operazioni che intendono lasciare una traccia non superficiale e durevole nella società, anche la divulgazione del sapere scientifico e tecnologico e il suo inserimento armonico in un contesto culturale il meno possibile diviso da incomprensioni o intolleranze reciproche, richiedono un costante e progressivo avvicinamento, uno stile sobrio, una presentazione rigorosa ma non ostica, un'effettiva apertura sul mondo, senza pregiudiziali o irrigidimenti nei confronti dei reali bisogni dell'uomo e della società.
È questo, nelle grandi linee, il disegno che

to, are not. The so-called humanistic culture, that gives the supremacy to spirit, history, society, creative thought compared to scientific approach, only represents a vague notion, almost a misunderstanding, a bad conscience. On the other hand, the so-called scientific culture is little more than a lot of impressive data, of poor theoretic concepts, of some ghosts — the atomic bomb, the relativity, the genetic engineering, the 'electronic brain'.
Presently more and more often, there is a great rumour about science and technology, responsability of scientists, proletarian and bourgeois science, pacific use of nuclear technologies, neutrality, rationality of science, and so on. But how much of this erudite talk can be really understood, if ideas on science and technology are so often confused and ambiguous? How can the spreading of such debates contribute to a more rational, conscious and strict view of the scientific and technological reality?

Like every operation meant to leave a lasting and not superficial mark on society, also popularization of scientific and technological knowledge and its harmonic introduction into a cultural context, that should not be divided by mutual incomprehensions and intolerances, need a constant, progressive approaching, a sober style, a scrupulous though not obscure presentation, a real opening to the world, free from prejudices or stiff positions with regard to real needs of man and society.

The pattern of the yearbooks have been outlined by the words of their inventor and co-ordinator, Mr. Edgardo Macorini, in the introduction of the first of the series, the one published in 1968: « Nowadays the interest in science and technology concerns a main point: we should like to know, in fact, whether and how scientific and technological applications will be able to satisfy human needs, expectations, aims ».
Ecology, debates on responsabilities of science and danger in certain fields of research and technology almost risk nowadays the

anima gli annuari *Scienza & Tecnica*, come con simili parole ricordava nella presentazione del primo di essi, nel 1968, Edgardo Macorini, ideatore e coordinatore di quei volumi: « Oggi l'interesse per la scienza e la tecnica verte su un punto cruciale: vorremmo sapere se e come i principi scientifici e le applicazioni tecnologiche potranno soddisfare i bisogni, le aspirazioni, i fini umani ». Oggi che l'ecologia, il dibattito sulle responsabilità della scienza e sulla pericolosità di certi settori della ricerca e della tecnologia rischiano addirittura la banalità dello slogan, proprio per la mancanza di una solida base ideologica e conoscitiva al riguardo, non fa meraviglia (salvo poi verificare la tempestività degli interventi) ritrovare lungo questa pubblicazione decennale una rilevante percentuale di articoli, spesso anzi di circostanziati rapporti, dedicati di volta in volta ad argomenti come: l'adattabilità dell'uomo all'ambiente (*S&T 68*), la violenza e l'impiego pacifico delle conoscenze scientifiche (*S&T 69*), le alterazioni dell'ambiente e i programmi per la salvaguardia ecologica (*S&T 70*), l'aggressività, i rapporti fra tecnologia e forme artistiche (*S&T 71*), i limiti dello sviluppo (rapporto che apparve per la prima volta appunto in *S&T 72*), i problemi del lavoro industriale (*S&T 73*), il controllo delle nascite, i rapporti fra il contributo delle scienze e il Terzo Mondo (*S&T 74*), i limiti della razionalità della scienza, l'archeologia scientifica, le scelte energetiche (rapporto della Ford Foundation apparso per la prima volta in *S&T 75*), le forme e la dinamica della conoscenza scientifica, carrellata fra epistemologia e storia della scienza (*S&T 76*).

Scienza & Tecnica 77 rappresenta, a questo punto, una tappa di riflessione sul cammino sinora compiuto e, insieme, una conferma dell'attenzione per il tema dei « bisogni, aspirazioni, fini umani ». Così, gli articoli centrali vanno dalle ricerche su una migliore produttività in agricoltura, alle risorse umane e le modificazioni dell'ambiente, alle trasformazioni della città contemporanea; seguono due raccolte di articoli prevalentemente tecnici, sui meccanismi dell'ultra-

commonplace of a slogan, precisely because of the lack of a solid ideological background and information about facts. This is why it is no wonder, apart from the timing of articles, to find in this ten years publication a great amount of articles and detailed reports on subjects such as: human adaptability to environment (*S&T 68*), violence and pacific use of scientific knowledge (*S&T 69*), alterations of environment and plans for ecological safeguard (*S&T 70*), aggressive behaviour and relationships between technology and art (*S&T 71*), limits to growth (this report was published in *S&T 72* for the first time), problems connected with industrial production (*S&T 73*), birth control and relationships between scientific contribution and the Third World (*S&T 74*), limits to rational development of science, scientific archaeology, energy futures (this Ford Foundation report was published in *S&T 75* for the first time), aspects and dynamics of scientific knowledge, general view of epistemology and history of science (*S&T 76*).

Scienza & Tecnica 77 represents both a moment of reflection on subjects dealt with up to now and a renewed interest in « human needs, expectations, aims ». The series of articles included in the middle section of the work refers to: researches on an improved productivity in agriculture, human resources and environmental changes, cities in transformation. Two series of mainly technical articles on mechanics of cell ultrastructure and technological prospects in the use of computers follow. Also general approaches to the problem of defining life and death for medical science and practice are included, as well as an easy introduction to information processing and to its basic principles.

A. King's strikingly interesting report on *The state of the planet*, that summarizes very well the philosophy of this and the previous yearbooks, comes first, following the usual review of scientific events that have taken place in 1976. Asked by In-

struttura cellulare e sulle prospettive tecnologiche e d'impiego dei calcolatori. Anche in queste ultime, tuttavia, non mancano interventi di portata giù generale, come l'articolo sul problema della continuità biologica, arresto della vita e eutanasia e un'agile introduzione all'informatica e ai suoi fondamenti.
Di particolare rilievo, perché illustra significativamente la 'filosofia' di questo e dei precedenti annuari, è il rapporto di Alexander King su *Lo stato del pianeta*, posto in apertura, dopo la consueta rassegna degli avvenimenti scientifici dell'anno 1976. Commissionato dall'International Federation of Institutes for Advanced Studies (IFIAS) che ha sede a Stoccolma e a cui fanno capo, fra gli altri, l'Institut Pasteur di Parigi, il Weizmann Institute of Science di Rehovot (Israele) e l'Institute for Advanced Studies di Princeton, questo rapporto raccoglie le conclusioni attuali circa i temi portanti della problematica mondiale, oggetto dei noti rapporti al 'Club di Roma': le risorse energetiche, l'incremento demografico, i rapporti fra paesi industrializzati e il Terzo Mondo, l'istruzione, gli alimenti, le politiche della scienza, la violenza, l'emarginazione, l'esigenza di un nuovo ordine internazionale, e così via. Fa da suggestivo controcanto al testo di King, illustrandone i principali passaggi, una sequenza fotografica tratta perlopiù dagli annuari degli anni precedenti o da volumi pubblicati nella collana di Biblioteca della *EST*.
Chiudono *Scienza & Tecnica 77* i rapporti tecnici del Progetto RIO per la rifondazione dell'ordine internazionale, elaborato sotto la guida del premio Nobel J. Tinbergen per il Club di Roma (il volume che espone il progetto è edito, con lo stesso titolo, nella Biblioteca della *EST*).
La riflessione sui temi dello *Stato del pianeta* e su quelli analoghi del *Progetto RIO* non costituisce un argomento secondario in un discorso generale sulla scienza: essa al contrario fornisce i dati concreti e le prospettive future degli interventi tecnologici in atto o semplicemente progettati, fa luce sul materiale umano e ambientale che ne è pro-

ternational Federation of Institutes for Advanced Studies (IFIAS) in Stockholm, that groups among others the Institut Pasteur in Paris, the Weizmann Institute of Science in Rehovot (Israel) and the Institute for Advanced Studies in Princeton, this report gathers the present conclusions on the main subjects of 'world problematique', dealt with by the well-known reports to the 'Club of Rome': that is energy supplies, population increase, relationships between industrialized countries and the Third World, education, nutrition, science policies, violence, social exclusion, the need for a new international order, and so on. A series of pictures taken from previous yearbooks or volumes included in the collection called 'Biblioteca della *EST*' illustrates the main points of King's article.
Scienza & Tecnica 77 ends with the technical reports of Project RIO (Reshaping the International Order), coordinated by the Nobel prize J. Tinbergen for the 'Club of Rome'. The volume dealing with such project is included in 'Biblioteca della *EST*' with the same title.

The consideration of subjects included in *The state of the planet* and similar ones included in Project RIO does not represent a minor aspect within the wider discussion on science. It supplies, on the contrary, the real data and future prospects of technological operations, carried out or simply planned, it clarifies the human and environmental problems, it underlines the stages of growth of scientific knowledge and their impact on culture and social and international organization. It gives, in a word, the background to a useful and well-informed discussion on the meaning, aims and problems of science today.

Scienza & Tecnica 77 gives a complex picture of recent developments of science and technology rich of suggestions on fields once enclosed within ethical and humanistic values carefully protected by common sense and debates of specialists in 'human sciences'. Besides, the work offers a sober

tagonista e oggetto, sottolinea le modalità della crescita delle conoscenze scientifiche e le loro ripercussioni sulla cultura e sull'organizzazione sociale e internazionale, fornisce, in una parola, le basi per una discussione fruttuosa e consapevole sul significato, sui fini e sui problemi dell'impresa scientifica oggi.

Al di là di un'immagine della scienza e della tecnologia di questi ultimi anni, indubbiamente complessa e ricca di aperture su campi d'indagine un tempo confinati nell'ambito di sistemi di valori etici e umanistici gelosamente custoditi dalle certezze del senso comune o dai dibattiti degli specialisti di 'scienze umane', quello che dalla lettura delle pagine di *Scienza & Tecnica 77* si ricava è un sobrio messaggio di ragionevolezza, un modello di razionalità capace di illuminare, sull'esempio dell'argomentare scientifico, la riflessione stessa sull'uomo e sulla problematica mondiale. Non si tratta di una razionalità aggressiva e programmatica o, quanto meno, riduttiva: quanto più il campo d'indagine si allontana dallo studio dei fenomeni naturali e ha per oggetto la società umana e il singolo, tanto più il metodo scientifico e il connesso apparato matematico e inferenziale si arricchiscono, come dimostrano i complessi modelli disaggregati della situazione mondiale, di nuovi strumenti e concetti guida che si adeguano, pur nell'esigenza del rigore, al panorama diversificato e dinamico delle condizioni del vivere.

image of rationality, a model that can enlighten the very reflection on man and world problems following the scientific approach. It is not the case of an aggressive and programmatic or even reductionistic rationality: the farther goes the investigation from natural phenomena and studies human society and the individual, the richer become the scientific method and mathematical apparatus thanks to new tools and basic ideas. As it is clear from complex disaggregated models of world arrangement, this approach suits the articulate and dynamic landscape of human ways of life.

FEDERICO CANOBBIO-CODELLI

AITCHISON, J. and DUNSMORE, I.R.

Statistical Prediction Analysis

Cambridge University Press, Cambridge, 1975
xii+274 pp., tables, £ 8.50

Questo libro presenta al lettore tutti i diversi metodi statistici di 'predizione' e spiega chiaramente, per mezzo di esempi ben scelti, come ottenere « un'affermazione ragionata riguardante l'andamento di *f*, l'esperimento *futuro*, in base ai dati ottenuti dall'andamento di *e*, l'esperimento informativo ». Gli sviluppi matematici sono chiaramente illustrati, ponendo in giusta luce la ragione e il ruolo di ogni elemento preso in esame. Ciò può bastare per un uso corretto dei metodi descritti, e anche per 'comprendere' vagamente il 'perché' che pone in relazione i dati con la predizione, sebbene non venga fatto nessun tentativo per indicare i rapporti fra le varie procedure e le diverse 'filosofie' che le giustificano. Così, ad esempio, affermazioni come «*è* o *non è* una 'variabile causale' » non spiegano i diversi punti di vista che fanno accettare come 'ragionevoli', oppure rifiutare, i vari metodi.

This book introduces the reader to all kinds of statistical methods for 'prediction', explaining clearly by means of well chosen examples how to get « a reasoned statement concerning the performance of *f*, the *future* experiment, from the information gained from a performance of *e*, the *informative* experiment ». The mathematical developments are clearly illustrated, wiht the due emphasis given to the reason and role of every element taken into account. This may suffice for a correct use of the methods described, and also for vaguely 'understanding' the 'why' relating the prediction to the data, although no attempt is made to relate the different kinds of procedures to the underlying 'philosophies'. E.g., statements like « *is*, or *is not*, a 'random variable' » do not clarify what different viewpoints lead to judge some of the methods being considered as 'reasonable' and to reject the others being rejected.

BRUNO DE FINETTI

KLINE, M.

La matematica nella cultura occidentale

Series: Storia della scienza
Feltrinelli Editore, Milano, 1976
458 pp., figs. and plates, L. 8.000

La riduzione del pensiero scientifico e matematico a mero strumento per la manipolazione degli aspetti più esteriori del reale, ad attività pratica cui non competono una vera dimensione teorico-conoscitiva e con ciò un autentico valore culturale, ha trovato dai tempi del Cardinal Bellarmino innume-

The reduction of scientific and mathematical thinking to a mere tool for manipulating the more external aspects of reality, to a practical activity that has no true theoretico-cognitive dimension, and thus no real cultural value, found numerous supporters at the time of Cardinal Bellarmino. It also found (perhaps

revoli sostenitori. E altrettanti complici, magari involontari, tra coloro che hanno praticato e insegnato la scienza *come se* essa fosse null'altro che un complesso apparato di sofisticate procedure di carattere tecnico. Una delle conseguenze di questa funesta decapitazione della scienza è da ricercare nella indifferenza, se non ostilità e addirittura disprezzo, che essa suscita in coloro che si sentono, per tal via, autorizzati a riservare il termine 'cultura' e a pregiare le sole attività e produzioni dell'arte, della letteratura e di certa filosofia. È a questi superbi e inconsapevoli scialacquatori dei tesori del pensiero scientifico e particolarmente matematico che *Mathematics in Western Culture* (1953), che ora appare nell'edizione italiana, è espressamente rivolto. In accordo con questo intento, la ricognizione che Kline effettua sul cammino del pensiero matematico — di cui ci descrive i primi passi compiuti in Babilonia e in Egitto, la nascita dello 'spirito' matematico nella Grecia di Platone ed Euclide, le speculazioni astronomico-matematiche degli Alessandrini, la ripresa delle ricerche, dopo i secoli bui, nell'Europa rinascimentale, l'affermarsi dell'approccio quantitativo alla natura e il suo coronamento nell'opera fisica e matematica di Newton e più oltre di Maxwell fino ad Einstein, per il tramite della rivoluzionaria comparsa delle geometrie non euclidee; la teoria degli insiemi — non mette capo ad una vera e propria storia della matematica: troppe sono le omissioni di importanti sviluppi concettuali, le libertà dal dettaglio storico e filologico e le forti idealizzazioni impiegate negli eventi descritti che egli si concede. Ciò cui Kline, piuttosto, perviene è il mostrare che « la matematica non è uno strumento arido, meccanico, bensì il corpo di un pensiero vivo, inseparabilmente connesso con altri settori della nostra cultura »: la piena evidenza è conseguita, in proposito, nelle molte pagine dedicate all'analisi dell'influenza della fisica matematica newtoniana sulla filosofia, la religione, la letteratura e l'estetica del tempo; anche più importanti risultano quelle parti in cui egli si sforza di mostrare il ruolo gio-

unwitting) accomplices among those who practised and taught science *as though* it were nothing but a complex apparatus of sophisticated procedures of a technical nature. One of the unhappy consequences of this woeful decapitation of science is the indifference, when not hostility or even contempt, that it arouses in those who thus feel authorized to reserve the term 'culture' exclusively for the activities and productions of art, literature and philosophy. And it is to these unwitting wasters of the treasures of scientific thought and particularly of mathematics that *Mathematics in Western Culture* (1953), now appearing in an Italian edition, is specifically addressed. In keeping with this intention, Kline's survey of the development of mathematical thought — of which he describes the first steps in Babylon and Egypt, the birth of the mathematical 'spirit' in Plato's and Euclid's Greece, the astronomico-mathematical speculations of the Alexandrians, the resumption of research in Renaissance Europe after the Dark Ages, the rise of the quantitative approach to nature leading to Newton's physical and mathematical work, and later to that of Maxwell and Einstein, through the revolutionary appearance of non-Euclidean geometries, and group theory — does not set out to be a proper history of mathematics, as there are too many omissions of important conceptual developments, liberties taken with historical and philological details and heavy idealizations of the events he is describing. What Kline does succeed in doing is to show that mathematics is not a dry mechanical tool but a corpus of living thought that is inseparable from other sectors of our culture. This is fully substantiated in the numerous pages devoted to an analysis of the influence of Newtonian mathematical physics on the philosophy, religion, literature and aesthetics of the time; of even greater importance are those parts where he attempts to show the role played in the development of mathematical research by conceptual indications, problems and needs arising not only in the context of the

cato nello sviluppo delle ricerche matematiche da indicazioni concettuali, problemi, esigenze sorti non solo nell'ambito delle scienze, naturali e sociali, e nelle arti ma anche, e non in misura minore, dal lavoro umano, inteso nella sua più ampia accezione. Nell'evidenziare l'estrema varietà degli interessi che hanno promosso le più diverse ricerche matematiche, da quelli del giocatore d'azzardo a quelli estetici e logici del matematico puro, Kline consegue forse il suo più pregevole risultato, quello di dissuaderci da ogni tentazione assolutistica nella concezione dei fattori che possono influenzare lo sviluppo storico di una scienza: la loro eterogeneità e mutevolezza nei vari tempi e luoghi impedisce ogni rigida e aprioristica dicotomia del tipo, ad esempio, interno-esterno. Quanto a Kline, se egli reperisce le fonti della matematica per ogni dove, ripete poi con Cantor che la sua essenza è la libertà. Definendola « un metodo d'approccio all'universo delle esperienze fisiche, mentali ed emotive », Kline non fa che riassumere la vastità del dominio di applicazione della matematica; considerandola « la più efficace rappresentante dello spirito razionale » ne coglie la vera natura; chiamandola « una forza culturale di primo piano nella cultura occidentale » gli rende piena giustizia. È anche troppo facile criticare le omissioni e le insufficienze del testo del Kline: il lettore esperto di filosofia della matematica, o di fisica, o d'arte, o di letteratura o d'altro avrà agio di esercitarsi. Con ciò il libro segnala ancora una volta il suo carattere, né semplicemente divulgativo né specialistico, di tentativo, nell'insieme riuscito, di illuminare il senso complessivo di una grande avventura intellettuale e umana, qual è la matematica.

natural and social sciences, and in the arts, but also, and to no less extent, out of man's work, in the widest sense of the term.
In describing the extreme variety of interests at the origin of the wide range of mathematical research, ranging from those of the gambler to the aesthetic and logical ones of pure mathematics, Kline achieves what is perhaps his greatest success, i.e. to dissuade us from any absolutistic temptation in conceiving of the factors that can influence the historical development of a science and their heterogeneity and changeability in the different times and places makes any rigid, *a priori* dichotomy of the type, for instance, of internal-external, impossible. Although Kline takes the sources of mathematics as coming from every where, he repeats with Cantor that its essence is freedom. When he defines it as a method of approaching the universe of physical, mental and emotional experience, Kline is merely summing up the vastness of the field of application of mathematics. When he considers it to be the most effective representative of the rational spirit, he is grasping its true nature. When he calls it a major cultural force in Western culture, he is doing it full justice. It is only too easy to criticise the omissions and inadequacies in Kline's book; the experienced reader of the philosophy of mathematics, or physics, or art or literature or anything else will have no trouble finding them. In this the book is again true to character as it is neither merely popularizing nor specialistic and attempts, on the whole successfully, to illuminate the overall meaning of that great intellectual and human adventure that we call mathematics.

GIAMPAOLO MORAGLIA

BOGDAN, R.J. (ed.)

Local Induction

Series: Synthese Library, Vol. 93
D. Reidel Publishing Company,
Dordrecht, 1976
XIV+340 pp., figs., No price stated

Il problema della giustificazione delle inferenze induttive può essere affrontato a due livelli: globale e locale. Nel primo caso la giustificazione è cercata in termini del tutto generali senza cioè fare riferimento ad alcun contesto specifico. Nel secondo caso invece la giustificazione è cercata relativamente ad un ben preciso contesto con la convinzione che a livello scientifico la giustificazione stessa sia richiesta solamente quando la necessità sorga nel corso di una ben delimitata ricerca scientifica.
Siamo dell'avviso che dei due livelli ai quali fa riferimento la giustificazione delle inferenze induttive, il secondo sia l'unico dotato di un genuino interesse essendo il primo, a ben vedere, nulla più che un residuo di un modo ormai superato di affrontare il problema. Siamo infatti convinti che il problema di giustificare le inferenze induttive pur conservando un notevolissimo interesse vada incontro ad enormi difficoltà tali da rendere la sua soluzione incerta già quando esso sia posto in un ben delimitato contesto scientifico, quando ad esempio si tratti della giustificazione delle inferenze proposte dalle ricerche di statistica induttiva (matematica). Se le cose stanno come abbiamo detto, ne consegue che il tentativo di giustificare globalmente le inferenze induttive, anche se certamente presenta un interesse teorico enorme, è, almeno al presente, del tutto privo di ogni possibilità di successo.
Il volume di cui ci stiamo occupando è appunto dedicato a ricerche legate alla giustificazione locale delle inferenze induttive. Esso si apre con un lungo articolo di I. Levi che è allo stesso tempo una revisione critica ed un ampliamento del suo famoso volume *Gambling with Truth* in cui venne

The problem of justifying inductive inferences may be tackled at either global or local level. In the first case the justification is sought in quite general terms, i.e. without reference to any specific context. In the second case, however, the justification is sought in relation to a quite definite context in the belief that at scientific level the justification itself is required only when the necessity arises in the course of a well-defined scientific research.
It is my opinion that of the two levels to which the justification of inductive inferences refers, the second is the only one presenting any real interest as, on closer examination, the first is merely what is left of an obsolete approach to the problem. Indeed I am convinced that the problem of justifying inductive inferences, in spite of the considerable interest it presents, is heading for enormous difficulties that will make its solution uncertain even when it is situated in a well-defined scientific context, e.g. in the case of a justification of the inferences arising out inductive statistics (i.e. mathematical) research. If this is true it follows that any attempt to provide a global justification for the inductive inferences has, in spite of its undeniable great theoretical interest, almost no chances of success, at least for the time being.
The present book is in fact on research linked to the local justification of inductive inferences. It begins with a long article by I. Levi which consists of both a critical review and a development of his well-known book *Gambling with Truth* in which he introduced the distinction between local and global induction. This is followed by two articles by R. Rosenkrantz and W. K.

appunto introdotta la distinzione fra induzione locale e globale. Seguono poi due articoli di R. Rosenkrantz e W. K. Goosens strettamente connessi al punto di vista di Levi sull'induzione locale. I successivi articoli di K. Lehrer e di J. H. Fetzer pongono in evidenza come i tentativi di ricostruire l'induzione locale servendosi di concetti tratti dalla teoria delle decisioni sulla base della nozione di utilità epistemica siano ben lungi dall'essere monolitici. Vi sono poi due articoli, uno di Kl. Szamawski e l'altro di G. Menges ed E. Kofler che affrontano il problema dell'induzione locale servendosi di metodi elaborati dalla ricerca statistica. Gli articoli di H. E. Kyburg Jr. e R. J. Bogdan, quest'ultimo il curatore dell'antologia, considerano l'induzione locale dal punto di vista dell'induzione globale. L'articolo di J. Cohen è una sintesi del suo approccio neo-classico (non probabilistico) alla induzione. I restanti articoli di I. Niiniluoto, H. Törnebohm e R. Tuomela affrontano rispettivamente il problema dell'accettazione a livello locale, il processo di formazione graduale della conoscenza scientifica ed una proposta di soluzione dei paradossi della transitività — uno dei quali è quello famosissimo di Hempel — sulla base della restrizione del principio di confermabilità ad una specifica teoria scientifica. Chiude l'antologia una bibliografia sull'induzione locale redatta dal curatore.

Si tratta di un antologia di indubbio interesse per l'ampiezza della problematica trattata nei vari articoli che la compongono. A questo riconoscimento ci sembra però di dover aggiungere anche una critica e allo scopo ci serviamo di una frase di Kyburg Jr. tratta dal suo articolo che estendiamo agli articoli dell'antologia. Questo autore afferma che « la maggior parte dei lavori che hanno trattato i problemi dell'induzione locale soffrono proprio di quella malattia che la distinzione locale-globale doveva curare: la malattia di un'eccessiva generalità ». Anche gli articoli dell'antologia in oggetto soffrono di questa malattia. E come esempio di quanto abbiamo testé detto ci sembra possa bastare l'articolo di

Goosens that are closely linked to Levi's ideas on local induction. The later articles by K. Lehrer and J. H. Fetzer reveal how the attempts to reconstruct local induction by using concepts taken from decision theory on the strength of the notion of epistemic utility are far from being monolithic. Then there are two articles one by Kl. Szamawski and the other by G. Menges and E. Kofler that approach the problem of local induction using statistical research methods. The articles by H. E. Kyburg Jr and R. J. Bogdan, who is the editor of the anthology, deal with local induction from the global induction standpoint. J. Cohen's article is a synthesis of his neo-classical (non probabilistic) approach to induction. The remaining articles by I. Niiniluoto, H. Törnebohm and R. Tuomela deal, respectively, with the problem of acceptation at local level, the gradual process of the formation of scientific knowledge and a suggested solution for the paradoxes of transitivity — one of which is the famous one by Hempel — based on the restriction of the principle of confirmability to a specific scientific theory. The anthology is concluded by a bibliography on local induction drawn up by the editor.

The anthology is of undeniable interest because of the wide range of problems treated in the various articles. To this acknowledgment, however, we are duty bound to add a criticism, and to do so we shall quote a phrase from Kyburg Jr's article, extending it to cover all the articles in the anthology. He writes that « most of the work that has been done on the problems of local induction has suffered from just the disease that the local-global distinction was supposed to cure us of: the disease of excessive generality ». Also the articles in this anthology suffer from this disease. A good example of this would seem to be Tuomela's article although, in a certain sense, it is among those in which the problem is dealt with in less general terms. This is the article in which, as we have seen, an attempt is made to solve the paradoxes of reflexivity by localizing the principle of

Tuomela che, per certi aspetti, è anche uno di quelli in cui il problema è affrontato in termini meno generali. Come abbiamo detto, in questo articolo si cerca di superare i paradossi della riflessività localizzando il principio di confermabilità. Ma questa localizzazione, almeno a nostro parere, è tale solo di nome in quanto nell'articolo si tratta di ipotesi e conferme sperimentali in termini generalissimi senza avvertire la necessità di precisare, ad esempio, nè il contesto logico nè quello scientifico in cui le proposizioni esaminate si collocano. A questo proposito l'autore si contenta di affermazioni generiche quali la seguente « h e g sono proposizioni in qualche linguaggio scientifico ».

Affrontare il problema in questi termini ci sembra ancora un modo di porre la questione in termini troppo generali. Il problema della giustificazione delle inferenze induttive richiede invece una profonda conoscenza degli specifici modi di operare le inferenze induttive, conoscenza che può essere raggiunta solo affrontando le inferenze induttive ad un livello ben più locale di quanto non si faccia negli articoli di questa antologia.

confirmability. However, at least in my opinion, this localization is such only in name as the article presents hypotheses and experimental confirmations in highly general terms without any concession to the need to define, for instance, either the logical context or the scientific one in which the propositions examined are contained. In this connection the author merely makes general statements of the kind « h and g are statements in some scientific language ». This approach to the problem would still seem to be too general in nature. The problem of the justification of inductive inferences requires a wide knowledge of the specific ways of carrying out inductive inferences which can only be acquired by approaching the problem of inductive inferences at a much more local level than is done in the article in this anthology.

DOMENICO COSTANTINI

FANO, G.

Algebra lineare e serie di funzioni ortonormali

Con applicazioni alla Fisica, al Calcolo Numerico ed alla Biologia
Zanichelli Editore, Bologna, 1976
VIII+196 pp., figs., L. 6.800

Questo libro segue, a distanza di circa nove anni, un'altra opera dello stesso autore, *Metodi Matematici della Meccanica Quantistica*, Zanichelli, 1967, da cui vengono ripresi, in forma riveduta e corretta, i primi due capitoli.
Si tratta, come nel caso dell'opera precedente, di un libro concepito come testo per l'insegnamento, a livello universitario, di applicazioni della matematica; a riprova di ciò sta anche il fatto che ogni capitolo è accompagnato da un buon numero di problemi.
Il precedente e già citato libro di Fano è un'opera di ottimo livello (fatto estremamente raro e positivo nell'ambito delle pubblicazioni italiane in questo settore); basta ricordare che ne è stata curata una edizione in lingua inglese, pubblicata nel 1971 dalla McGraw Hill. Si tratta tuttavia di un libro rivolto ad un gruppo notevolmente ristretto di studenti, di docenti e di ricercatori.
Il libro, ora pubblicato, si rivolge ad un pubblico più vasto tentando, se così si può dire, una divulgazione di alcuni metodi matematici particolarmente potenti; occorre però anche dire che si tratta pur sempre di una divulgazione che richiede una discreta preparazione matematica di base.
I primi due capitoli sono dedicati alla teoria degli spazi a dimensione finita, cioè alla teoria dei vettori e delle matrici in C_n.
Il terzo capitolo fornisce alcune indicazioni per l'estensione della teoria al caso infinito dimensionale, focalizzando in particolare l'attenzione sulla serie e sull'integrale di Fourier. Finalmente nel quarto, quinto e sesto capitolo vengono discusse alcune applicazioni della teoria rispettivamente

This book comes out nine years after another by the same author, *Metodi Matematici della Meccanica Quantistica*, Zanichelli, 1967, from which the first two chapters have been taken in a revised and corrected form.

Like the preceding work, this book sets out to be a teaching text at university level of mathematical applications; as a result each chapter is accompanied by a good number of problems.

Fano's preceding work is a quality publication (which is something extremely rare and positive in Italian publications in this sector), as is shown by the fact that an English-language edition was brought out by McGraw Hill in 1971. It is nevertheless a book written for a very small number of students, teachers and research workers.

The book published now is addressed to a wider public and attempts to popularize a few particularly powerful mathematical methods. It must be pointed out, however, that it is a popularization that nevertheless requires a good basic knowledge of mathematics.
The first two chapters are on the theory of finite dimension spaces, i.e; on the theory of vectors and matrices in C_n. The third chapter gives a few indications for extending the theory to cover the infinite dimensional case, focusing attention mainly on the series and the Fourier integral. In the fourth, fifth and sixth chapters there is a discussion on a few applications of the theory with respect to the treatment of electrical circuits, numerical calculus and compart-

alla trattazione di circuiti elettrici, al calcolo numerico e all'analisi compartimentale in biologia (quest'ultimo capitolo in collaborazione con il prof. Corsini).
Estremamente apprezzabile è la chiarezza espositiva del testo e notevole anche il tentativo di uscire dallo stretto ambito delle applicazioni fisiche. Quest'ultima osservazione non valeva certo per l'opera precedente che traeva origine dall'esperienza di Fano, negli anni '65-67, come docente del corso di Metodi Matematici della Fisica presso l'Università di Bologna. Essa era il diretto prodotto (anche se, come si è detto, ottimo prodotto) di un orientamento generale dei corsi di laurea in Fisica della Università italiana: finalizzare i corsi fondamentali all'insegnamento della Meccanica Quantistica. Questo orientamento, che era stato certamente un fatto positivo ed aveva segnato un momento di rottura negli anni '50-60, rischia ormai di portare ad una sclerotizzazione degli studi universitari in questione. Il testo attuale di Fano sta a testimoniare che forse qualcosa comincia a cambiare anche in questo settore.
Tuttavia le origini del tentativo di 'riconversione' sono ancora chiaramente identificabili. A solo titolo di esempio basta osservare che, per quanto riguarda la teoria delle matrici, vengono considerate solo le cosiddette matrici quadrate. Questa restrizione è certamente naturale quando si considerano applicazioni a problemi di fisica (meccanica, elettromagnetismo, meccanica quantistica ecc.) ma non lo è già più quando si considerano problemi tipicamente applicativi, come l'analisi dei dati (basti ricordare il metodo dei minimi quadrati di Gauss).
Concludendo, la strada imboccata da G. Fano con questo testo è una buona strada; occorre proseguire su di essa con coraggio, con modestia e con estrema apertura verso tutti gli altri settori che non siano la Fisica tradizionale.

ment analysis in biology (the latter chapter in collaboration with Prof. Corsini).

The expositive clarity of the text is extremely praiseworthy, as is also the attempt to go beyond the narrow confines of the physical applications. The latter observation was certainly not true for the preceding work which was based on Fano's experience in 1965-67 as lecturer in Mathematical Methods of Physics at the University of Bologna. It was a direct product (albeit an excellent one, as mentioned above) of a general tendency shown by physics degree courses at Italian Universities: i.e. all basic courses were oriented towards the teaching of Quantum Mechanics. Although a positive feature, and something that had marked a breakthrough in the 'fifties and 'sixties, this orientation threatened now to lead to a fossilization of these university studies. Fano's present work shows how something is beginning to change also in this sector.
However, the origins of this attempted 'reconversion' are still clearly visible. One example is sufficient; in the case of matrix theory only the socalled square matrices are taken into account. This restriction is certainly a natural one when applications to physics problems (mechanics, electromagnetism, quantum mechanics, etc.) are being considered, but not with typically applicational problems e.g. data analysis (suffice it here to recall Gauss' least squares method).
In conclusion, the path followed by G. Fano in this book is the right one; we must continue along it courageously, modestly and with a completely open mind as regards all the other sectors outside traditional physics.

MARIO BERTERO

HUXTABLE, D.H.R. (ed.)

Studies in Operating Systems

Series: A.P.I.C. Studies in
Data Processing, No. 13
Academic Press, London, 1976
x+264 pp., tables, £8.50

Trattasi del secondo volume di una serie destinata a presentare i risultati di un progetto di ricerca sui sistemi operativi, avviato presso il Computing Science Department della Queens University di Belfast, sotto la guida del professor C.A.R. Hoare.

Come è noto il sistema operativo di un elaboratore elettronico consiste in un complesso di programmi aventi lo scopo di consentirne l'uso da parte di più utenze (o, più genericamente, di ripartirne le risorse fra i diversi servizi richiesti); da un altro punto di vista — considerando le cose dall'esterno — il sistema operativo consente di presentare l'elaboratore alle singole utenze in modo diverso da quello in cui esso è effettivamente strutturato, per meglio adeguarlo alle rispettive esigenze. I primi sistemi operativi consistevano semplicemente in un complesso di routine di servizio; oggi generalmente si tratta di un monitor, cioè di un programma che risiede permanentemente nell'elaboratore per svolgere le funzioni sopra indicate ed è dalla sua efficienza che dipendono in maniera determinante le prestazioni ottenibili dall'elaboratore.

Il programma di ricerca avviato presso la Queens University si prefiggeva lo scopo di analizzare e valutare criticamente le tecniche impiegate in pratica per mettere a punto sistemi operativi efficienti, in modo da fornire una guida sicura ai progettisti di sistemi di questo tipo. Il programma era articolato in due fasi distinte: da un lato presentare in modo omogeneo la struttura e la tecnologia di alcuni sistemi operativi tipici, opportunamente scelti allo scopo, dall'altro analizzare le tecniche adottate in ciascun sistema per svolgere una specifica funzione, mettendo in evidenza i rapporti fra le caratteristiche di tali tecniche, degli obiettivi conseguiti ed il contesto operativo.

This is the second volume of a series intended to present the results of a research project on operating systems carried out at the Computing Science Department of Queens University, Belfast, directed by Prof. C.A.R. Hoare.

The operating system of an electronic computer is known to consist of a complex of programs designed to allow it to serve several users (or, more generally, to share the resources out among the various services requested). From another point of view, considering things from the outside, the operating system consists of presenting the computer to the individual users in a different way to the one in which it is actually structured, so as to better suit it to the respective requirements. The first operating systems consisted simply of a service routine complex. Today there is usually a monitor, i.e. a program permanently residing in the computer to carry out the above functions and the computer's performance is greatly dependent on its efficiency. The research program at Queens University set out to analyse and assess critically the techniques used in practice to devise efficient operating systems so as to provide a sure guide for designers of this kind of systems. The program was divided into two separate stages: on the one hand, to present homogeneously the structure and the technology of several typical operating systems, carefully chosen for the purpose, and on the other to analyse the techniques used in each system to carry out a specific function, emphasizing the relations between the characteristics of these techniques, the objectives attained and the operating context. The volume reviewed here relates to the first phase of research and, in particular, by means of systematic and uniform criteria, describes four typical

Il volume qui recensito riferisce della prima fase della ricerca e, in particolare, descrive con criteri sistematici ed uniformi quattro tipici sistemi operativi scelti dagli autori, in quanto, secondo la loro opinione, ciascuno di tali sistemi ha portato un contributo significativo allo sviluppo dei sistemi operativi.

Come è facile immaginare, le difficoltà maggiori incontrate dagli autori per conseguire il fine proposto di una presentazione omogenea ed unificata dei diversi sistemi illustrati sono derivate dalle intrinseche differenze di struttura di tali sistemi ed anche da quelle della terminologia originale. Ciò non di meno il risultato ha potuto essere conseguito, fatta forse eccezione per qualche aspetto particolare; anche a questo proposito, comunque, riesce di notevole utilità il breve glossario con cui si conclude ciascun capitolo relativo ad uno dei sistemi operativi illustrati e che ha lo scopo di chiarire alcuni termini particolari e, soprattutto, di ricondurre la terminologia originale adottata per i singoli sistemi a quella normalizzata di cui hanno fatto uso gli autori.

I sistemi operativi analizzati nel volume sono il *Master Control Program* progettato da R.S. Barton per l'elaboratore Burroughs B 5500, il sistema operativo SCOPE (inizialmente denominato '*Chippewa*') messo a punto per consentire la multiprogrammazione negli elaboratori della serie 'Control Data 6000' della CDC, il sistema di multiprogrammazione T.H.E. progettato e implementato da E.W. Dijkstra ed altri presso il dipartimento matematico dell'Università Tecnologica di Eindhoven ed infine il supervisore dell'elaboratore *Titan* dell'Università di Cambridge.

La trattazione approfondita e sistematica di ciascun capitolo da un lato fornisce informazioni non facilmente accessibili neppure agli utenti dei sistemi operativi analizzati, dall'altro ne consente una comprensione più approfondita, premessa necessaria per un loro impiego più efficace e per lo sviluppo di nuovi sistemi.

operating systems chosen by the authors as they believe each system has made a significant contribution to the development of operating systems. As is easy to imagine, the main difficulties encountered by the authors in trying to achieve the proposed aim of a homogeneous and unified presentation of the various systems described were due to the intrinsic structural differences between these systems as well as to differences in the original terminology. Nevertheless, this aim actually was achieved except perhaps in a few details. Also in this case, however, the short glossary at the end of each chapter on one of the operating systems described is of great use and is intended to clarify a few special terms or rather to relate the original terminology used for the individual systems back to the standardized terminology used by the authors.

The operating systems analysed in this volume are the Master Control Program designed by R. S. Barton for the Burroughs B 5500 computer, the SCOPE operating system (originally known as '*Chippewa*') worked out for multiprogramming in the CDC 'Control Data 6000' computer series, the T.H.E. multiprogramming system designed and implemented by E. W. Dijkstra et al. at the mathematics department of the Technological University of Eindhoven and lastly the supervisor of the *Titan* computer at the University of Cambridge.

The detailed and systematic treatment given in each chapter on the one hand provides information not normally available even to users of the operating systems analysed, and on the other leads to a better understanding of them, a necessary condition in order to use them more effectively and for the development of new systems.

ANTONIO LEPSCHY

BACCETTI, B. and AFZELIUS, B. A.

The Biology of the Sperm Cell

Series: Monographs in Developmental Biology, Vol. 10
S. Karger, Basel, 1976
VI+254 pp., figs. and tables, SFr. 127.—

Lo spermatozoo è una cellula del tutto particolare, sia per le sue funzioni (penetrazione nell'uovo e apporto del pronucleo maschile nel processo di fecondazione) che richiedono un notevole grado di indipendenza e, per lo più, una vivace motilità, sia per la sua morfologia. È sorprendente come funzioni sostanzialmente uniformi siano espresse in strutture tanto multiformi nelle diverse specie di animali.
Un amplissimo studio comparato degli spermatozoi di numerose specie animali (invertebrati e vertebrati) era stato compiuto nei primi due decenni di questo secolo dall'istologo svedese Gustav Retzius, che pubblicò una serie di memorie riccamente illustrate, in cui si dimostrano i particolari che si possono mettere in evidenza con i metodi istologici convenzionali e con l'esame al microscopio ottico. Dopo queste classiche ricerche, l'indagine morfologica degli spermatozoi non ebbe praticamente ulteriore sviluppo fino alla fine della II guerra mondiale.
Con l'introduzione del microscopio elettronico ha inizio una nuova serie di indagini, che si è sviluppata molto attivamente, e ha messo in luce le più importanti caratteristiche degli spermatozoi di specie appartenenti, praticamente, a tutti i gruppi animali, dai Protozoi ai Mammiferi, come è indicato nella tabella riportata in appendice di questo volume, la cui bibliografia comprende circa 1500 titoli di lavori in grande maggioranza pubblicati dopo il 1940.
L'esposizione dei due autori, che hanno recato molti contributi personali a questo campo di studi, si riferisce prevalentemente alla morfologia. Dopo un capitolo sulla struttura degli spermî (termine abbreviato per spermatozoi) in relazione alla filogenesi,

The spermatozoon is a very peculiar cell, both as regards its functions (penetration of the egg and male pronucleus contribution in the fertilization process) which call for a high degree of independence and usually of motility, and its morphology. It is surprising how basically uniform functions are carried out by structures that are so multiform in the various animal species.
An extremely extensive comparative study of spermatozoa in numerous animal species (invertebrates and vertebrates) had been carried out in the first two decades of this century by the Swedish histologist Gustav Retzius, who published a series of highly illustrated memoirs showing the details that can be revealed using conventional histological methods and observation under the optical microscope. After this classical research, the morphological investigation of the sperm cell underwent no further development until the end of the 2nd World War.
The introduction of the electron microscope gave rise to a new series of investigations which has gone ahead rapidly and revealed the most important characteristics of species belonging to practically every class of animals, from the Protozoans to the Mammals, as is shown in the table in the appendix to this volume, the bibliography of which comprises about 1500 titles of papers, most of which were published after 1940.
The treatment of the two authors, who have made many personal contributions to this field of studies, mainly concerns the morphology. After a chapter on sperm structure in relation to phylogenesis, and one on structure in relation to function, a detailed account illustrated by excellent

e uno sulla struttura in relazione alla funzione, vi è una trattazione particolareggiata e illustrata da ottime figure (quasi tutte fotomicrografie elettroniche) della superficie della cellula, del complesso acrosomiale, del nucleo, della regione del 'collo', dei mitocondri, del flagello e delle sue strutture accessorie. Il capitolo XI è dedicato agli spermî privi di flagello; il XII al movimento; il XIII ai fenomeni della fecondazione; il XIV al polimorfismo degli spermî nell'ambito di singole specie. Come gli autori avvertono nella introduzione, la trattazione è prevalentemente morfologica, con ricerca di possibili linee filogenetiche. La parte fisiologica, in particolare per quanto riguarda la fecondazione, è trattata molto più sommariamente; quella immunologica è praticamente assente. Ma ciò non diminuisce l'interesse di questo libro, che raccoglie, in una agile sintesi, una serie di 'variazioni sul tema' che procura sorpresa e diletto, anche ai biologi più consci della incredibile varietà delle forme viventi.

Per quanto riguarda i brevissimi cenni storici esposti nella introduzione, è da osservare che non è esatta la affermazione che Spallanzani abbia dimostrato che gli spermatozoi sono necessari per la fecondazione. Spallanzani dimostrò bensì la necessità del contatto del liquido spermatico con l'uovo perché questo risulti fecondato, e con ciò egli dimostrò la falsità dell'antica teoria dell'*aura spermatica*. Ma negò recisamente che i « vermicelli spermatici » (a cui attribuì la natura di veri e propri animali) abbiano qualche funzione nella generazione, come sosteneva quella che egli chiama « la tristissima opinione del Levenoechio ».

Furono Prévost e Dumas (1824) che riconobbero la necessità della presenza degli spermatozoi, dimostrando che lo sperma filtrato perde il potere fecondante. Nel 1854 G. Newport vide il punto d'entrata dello spermio nell'uovo di tritone, che si presenta come una macchiolina chiara in prossimità del polo animale. Nel 1875 O. Hertwig osservò la cariogamia, cioè l'unione del pronucleo maschile con quello femminile nell'uovo di riccio di mare, riconoscendo

figures (almost all electron photomicrographs) is given of cell surface, the acrosome complex, the nucleus, the 'neck' region, the mitochondria, the flagellum and its ancillary structures. Chapter XI is on sperms without flagellum, Chapter XII on movement; XIII on fertilization phenomena, XIV on sperm polymorphism within single species. As the authors point out in the introduction, the treatment is mainly morphological in nature in an attempt to trace possible phylogenetic lines. The physiological part, especially as far as fertilisation is concerned, is given much scanter treatment and immunology is ignored almost entirely. This does not diminish the interest of this book which collects in an elegant synthesis a series of 'variations on a theme' which will both surprise and delight even those biologists who are more keenly aware of the incredible variety of living forms.

As for the very brief historical account set out in the introduction, it is incorrect to say that Spallanzani proved that spermatozoa are necessary for fertilization. What Spallanzani demonstrated was the necessity for the spermatic liquid to come in contact with the ovum for the latter to be fertilized, and by so doing he revealed the fallaciousness of the old theory of *aura spermatica*. But he flatly denied that the « little spermatic worms » (which he considered as true animals) had any part to play in reproduction as was asserted in what he called « Levenoechio's most wretched opinion ».

It was Prévost and Dumas (1824) who recognised the need for the spermatozoa to be present, demonstrating that the filtered sperm loses its fertilizing power. In 1854 G. Newport saw the point of entry of a sperm in a newt's egg, which appeared as a light-coloured patch near the animal pole. In 1875 O. Hertwig observed karyogamy, i.e. the union of the male and female pronuclei in the sea urchin egg, thereby recognising the fundamental phenomenon of fertilization. The sperm's penetration of the egg of the same animal was later observed and described by H. Fol in 1879.

Except for this historical inaccuracy, the

così il fenomeno fondamentale della fecondazione. La penetrazione dello spermio nell'uovo dello stesso animale fu poi effettivamente osservata e descritta da H. Fol, nel 1879.
A parte questa inesattezza storica, il libro, assai ricco di informazioni comparative e criticamente vagliate, è indispensabile ai citologi e vivamente raccomandabile ai biologi generali e agli zoologi.

book is extremely rich in comparative and critically assessed data and is indispensable for cytologists, as well as being highly recommendable for general biologists and zoologists.

GIUSEPPE MONTALENTI

JEON, K.W. (ed.)

The Biology of Amoeba

Serie: Cell Biology - A Series of Monographs
Academic Press, New York, 1973
xv+628 pp., figs., $37.00

Quando il pittore miniaturista August Johann Roesel von Rosenhof (1705-1759) si dedicò allo studio e all'allevamento degli insetti, i cittadini di Norimberga, dov'egli risiedeva, furono scandalizzati. Non comprendevano come un uomo assennato potesse occuparsi di animali tanto ripugnanti, che non possono essere stati creati da Dio, ma devono essere opera del demonio. I buoni borghesi erano, inconsciamente, d'accordo con il filosofo Nicolas de Malebranche, che aveva sentenziato: « les hommes ne sont pas fait pour considérer des moucherons », dimostrandosi così pessimo profeta.
In un fascicolo delle sue *Insektenbelustigungen*, pubblicato nel 1755, il von Rosenhof diede la prima descrizione di un'ameba, che chiamò *Proteus*. Non è un'insetto, bensì un protozoo, e come tale anche più degno del disprezzo dei cittadini e di alcuni filosofi settecenteschi. Linneo (1758) diede il nome di *Chaos proteus* a questo singolare organismo, a cui O. F. Müller (1786) restituì l'appellativo di *Proteus*. Il nome *Amoeba* fu introdotto da C. G. Ehrenberg (1838).
A dimostrare quanto fallace fosse la profezia del Malebranche, basti riferire che nel volume redatto da K. W. Jeon, sono citati più di 1200 autori che hanno dedicato una

When the miniaturist painter August Johann Roesel von Rosenhof (1705-1759) began to study and breed insects, the people of Nuremberg where he lived were quite horrified. They could not understand how a sensible man could be bothered about such revolting animals which could not have been created by God but must have been the devil's work. These good burghers were unconsciously in agreement with Nicolas de Malebranche who had declared: « les hommes ne sont pas fait pour considérer des moucherons », thereby revealing himself to be a bad prophet.
In one issue of his *Insektenbelustigungen* published in 1755, von Rosenhof gave the first description of the amoeba, which he called *Proteus*. This is not an insect, but a protozoan, and thus even worthier of the contempt of the people and a number of philosophers of the eighteenth century. Linnaeus (1758) called this peculiar creature *Chaos proteus*, although O. F. Müller (1786) restored the name of *Proteus*. The name *Amoeba* was introduced by C. G. Ehrenberg in 1838.
Just how fallacious Malebranche's prophecy was is shown by the fact that the volume edited by K. W. Jeon quotes more than 1200 authors who have written one

o parecchie pubblicazioni alle amebe. E si tenga conto che in questo libro si considerano soltanto le amebe che vivono libere nell'acqua, ad esclusione di quelle del suolo e delle parassite, che sono assai numerose e anch'esse molto studiate.

A che cosa si deve tanta abbondanza di ricerche? Le amebe, esseri unicellulari, dotati di un singolare tipo di movimento, chiamato appunto ameboide, si prestano assai bene a studi di varia natura, e rappresentano un buon materiale sperimentale per ricerche sui fenomeni fondamentali della vita, al livello cellulare. Ciò è bene dimostrato da questo volume che è costituito da una raccolta di monografie dovute a 21 autori, scelti fra i più noti e competenti 'amebologi' del mondo.

I vari saggi sono riuniti in cinque sezioni: Biologia generale, Morfologia, Movimento e fenomeni correlati Effetti di agenti chimici e fisici, Studi biochimici e fisiologici. In appendice sono indicati i principali metodi di allevamento e di studio e alcuni dati biometrici e statistici.

È dunque un trattato completo di 'amebologia' che raccoglie ed esamina criticamente tutto quanto si conosce su questi affascinanti organismi: dalla sistematica, alla morfologia, compresa la ultrastruttura, alla fisiologia, fino alle interazioni nucleo-citoplasmatiche e alla genetica. Una larga parte della trattazione è dedicata al movimento ameboide, il cui meccanismo è ancora piuttosto misterioso. Questo movimento, che serve anche all'assunzione del cibo, è caratteristico, come è noto, di tutte le cellule che, come i globuli bianchi dei vertebrati esercitano la fagocitosi, funzione di prima importanza per la difesa dell'organismo contro i batteri e altri agenti infettivi.

La presentazione tipografica e illustrativa è eccellente, e ciò rende gradevole la lettura di questo libro, indispensabile al protozoologo, e assai utile al biologo generale.

or more publications on the subjects of amoebas. Furthermore, this books deals only with free-living water amoebas, and neglects those living in the soil or as parasites, which are quite numerous and also widely studied.

What is the reason for this abundant research? Amoebas are unicellular creatures having a peculiar kind of motion known as amoeboid motion, and lend themselves to various kinds of studies. They provide good material for research on the fundamental phenomena of life at cell level. This is clearly illustrated by the present volume which consists of a collection of monographs by 21 authors chosen among the best known and most competent 'amoebologists' in the world.

The various articles are divided into five section: Genera lbiology, Morphology, Movement and related phenomena, Effects of chemical and physical agents, Biochemical and Physiological studies. There is an appendix giving the main breeding and study methods as well as a few biometric and statistical data.

It is thus a complete treatise on 'amoebology' in which all that is known about these fascinating organisms has been collected and analysed critically: taxonomy, morphology, including the ultrastructure, and physiology, down to nucleocytoplasmic interactions and genetics. A large section of the work is devoted to amoeboid movement, whose mechanism is still not fully understood. This movement, which is important also in food ingestion, is characteristic of all cells that like the white corpuscles in vertebrates, have the function of phagocytosis, which is of vital importance in defending the organism against bacteria and other infective agents.

The type set and illustrative material are of excellent quality and make for the easy reading of this volume which is indispensable for the protozoologist and extremely useful to the general biologist.

GIUSEPPE MONTALENTI

CARLILE, M. J. (ed.)

Primitive Sensory and Communication Systems

The Taxes and Tropisms of Micro-Organisms and Cells
Academic Press, London, 1976
258 pp., figs., tables and plates, £8.50

Una delle più caratteristiche e importanti reazioni degli organismi agli stimoli provenienti dall'ambiente si manifesta con il movimento verso lo stimolo o in direzione contraria. Se l'intero organismo, mobile, si sposta, si parla di *tassie*, se parti dell'organismo si orientano verso, o contro, la sorgente dello stimolo, si parla di *tropismi*. Lo studio di questi movimenti nei microrganismi e nelle cellule isolate consente di considerare, nella loro espressione più elementare, i sistemi sensoriali e i mezzi di comunicazione degli organismi. Questi sistemi hanno anche una grande importanza in embriologia, in fisiologia, in patologia. Infatti molti dei movimenti delle cellule durante lo sviluppo embrionale e il differenziamento sono dovuti a chemotassi; e molti spostamenti di cellule nell'adulto sono determinati e diretti anch'essi da stimoli chimici, in particolare quelli dei leucociti, che così esplicano la loro funzione fagocitaria.
In questo libro il redattore ha raccolto, oltre al proprio contributo di carattere introduttivo e generale, le rassegne sintetiche di altri cinque autori su argomenti speciali, e precisamente: Fototassi e fotocinesi (W. Nultsch); Chemotassi nei batteri (J. Adler); Chemotassi nei mixomiceti (Acrasiali) a struttura cellulare (Th. M. Konijn); Chemotassi e chemotropismi nei funghi e nelle alghe (G. W. Goodway); Chemotassi dei leucociti (P. C. Wilkinson). Come si vede l'accento è posto prevalentemente sulla chemotassi, cioè sulle sostanze che attraggono i microorganismi e le cellule, sulla loro natura chimica, sui movimenti che esse provocano. Argomenti nella cui conoscenza si sono fatti molti progressi negli anni recenti.

One of the most characteristic and important reactions of organisms to stimuli from the environment is revealed by movement towards the stimulus or away from it. If the whole of a mobile organism moves, one speaks of *taxes*, and if parts of the organism orient themselves towards or away from the stimulus, one speaks of *tropisms*. The study of these movements in micro-organisms and isolated cells allows the organisms' sensory systems and means of communication to be considered in their most elementary forms. These systems are also very important in embryology, physiology and pathology. Indeed, many of the cell movements during embryonic growth and differentiation are due to chemotaxis, and many cell movements in the adult are also determined and governed by chemical stimuli, especially those of the leucocytes, which carry out their phagocytic function in this way.
In addition to his own contribution of an introductory and general nature, the editor has collected in this volume the synthetic surveys of a further five authors on special subjects: Phototaxis and photokinesis (W. Nultsch); Chemotaxis in bacteria (J. Adler); Chemotaxis in the cellular slime moulds (Th. M. Konijn); Chemotaxis and chemotropism in fungi and algae (G. W. Goodway); Chemotaxis of leucocytes (P. C. Wilkinson). This shows how the main stress has been laid on chemotaxis, i.e. on the substances that attract micro-organisms and cells, on their chemical nature and on the movements they produce, Much progress has been made in our knowledge of these subjects in recent years.

GIUSEPPE MONTALENTI

BARSANTI, G. (ed.)

Jean-Baptiste Lamarck

Filosofia zoologica
Series: Pensatori antichi e moderni, Vol. 100
La Nuova Italia, Firenze, 1976
LXXII+200 pp., L. 2.700

Da alcuni anni a questa parte si nota un moltiplicarsi degli studi di storia della scienza, e in particolare di storia delle teorie dell'evoluzione. La figura di Lamarck è stata spesse volte rievocata, e si è giunti così a correggere l'imperfezione di quel 'cliché' del lamarckismo che si tramanda nei testi di biologia e che travisa notevolmente il pensiero del naturalista, al quale spetta il grande merito di avere formulato la prima completa e coerente teoria evoluzionistica. L'analisi delle sue opere e di quelle dei suoi predecessori ha messo in luce, almeno parzialmente, ciò che è originale nel suo pensiero e ciò che egli ha presumibilmente ereditato da precedenti naturalisti e filosofi del '700, e ha chiarito la sua posizione sostanzialmente anti-vitalistica e antifinalistica, tanto da farlo considerare, da alcuni storici, come un precursore del positivismo.

Taluni interpreti del pensiero lamarckiano, e in particolare E. Guyénot (1957), hanno posto l'accento sul fatto che Lamarck ammetteva una tendenza alla complicazione e al progresso, innata nella materia vivente, sulla quale agirebbe poi l'insorgere dei 'bisogni' determinati dalle circostanze ambientali, e quindi la risposta dell'organismo, con la modificazione delle proprie strutture. Tali variazioni vengono poi trasmesse ai discendenti, secondo il principio dell'ereditarietà dei caratteri acquisiti. La tendenza al perfezionamento, la *marche de la nature*, dimostrata dalla « scala degli esseri viventi », che il Lamarck per primo interpreta in senso evoluzionistico, è stata considerata da Guyénot e da altri come una concessione al principio dell'evoluzione per forze interne, cioè dell'evoluzione preordinata, che fu sostenuto da molti autori post-darwiniani, fino ai nostri giorni.

In recent years there has been an increase in the number of studies on the history of science, especially the history of the theories of evolution. The figure of Lamarck has often been recalled and it has been possible to correct the imperfect 'cliché' of Lamarckism contained in the biology texts which badly misrepresents the thinking of this naturalist who has the great merit of having been the first to formulate a complete and consistent evolutionary theory. The analysis of his works and those of his predecessors has revealed, at least partially, what is original in his thinking and what he presumably inherited from earlier 18th century naturalists and philosophers and has also shown up his basically anti-vitalistic and anti-finalistic position, to the extent that some historians consider him a forerunner of positivism.

Several interpreters of Lamarck's thought, in particular E. Guyénot (1957) have pointed out that Lamarck acknowledged an innate tendency towards complication and progress in living matter acted upon by the rise of 'needs' determined by environmental circumstances, and thus the response of the organism with the modification of its structures. These variations are then transmitted to the descendents according to the principle of the inheritance of acquired characters. The tendency towards perfection, the *marche de la nature* as shown by the « scale of living beings », which Lamarck was the first to interpret in an evolutionary fashion, was considered by Guyénot and others as a concession made to the principle of evolution through internal forces, i.e. preordained evolution, which has been maintained by many post-Darwinian authors down to our days.

The editor of this Italian translation of the

Il curatore di questa traduzione italiana della prima parte dell'opera fondamentale di Lamarck, la *Philosophie zoologique*, fa precedere il testo da una lunga e dotta prefazione, in cui analizza il pensiero lamarckiano per quanto riguarda la interpretazione dei fenomeni biologici in genere e specialmente dei meccanismi di evoluzione. Egli sottolinea l'aspetto anticreazionistico e anti-teleologico del biologo francese, e cerca di difenderlo dall'accusa di avere dato credito a una concezione predeterministica. Nel complesso questo volumetto di rivalutazione dell'opera lamarckiana costituisce un pregevole contributo all'analisi del pensiero del primo evoluzionista, che si è adoperato per trovare una interpretazione scientifica dei fenomeni biologici, ed è stato anche il creatore del termine biologia.

first part of Lamarck's fundamental work, *Philosophie zoologique*, has written a long and learned foreword in which he analyses Lamarck's thinking on the interpretation of biological phenomena in general and of evolution mechanisms in particular. He emphasizes the anti-creationistic and anti-teleological attitude of the French biologist and attempts to defend him from the accusation of believing in a pre-deterministic conception. On the whole this volume reappraising Lamarck's work makes a worthy contribution to the analysis of the thinking of the first evolutionist, who endeavoured to give a scientific interpretation of biological phenomena and was also the inventor of the term biology.

GIUSEPPE MONTALENTI

GANS, C. and DAWSON, W. R. (eds.)

Biology of the Reptilia

Physiology A, Vol. 5
Academic Press, London, 1976
XVI + 556 pp., tables, £16.80

La *Biology of the Reptilia* rappresenta, nel campo della letteratura mondiale, il più recente e vasto tentativo di dare un'ampia visione unitaria di tutto ciò che riguarda la struttura e la vita dei Rettili viventi.
L'opera, della quale sono già comparsi cinque volumi, è iniziata nel 1969 ed è articolata in tre sezioni, per ognuna delle quali sono previsti vari volumi: 1) morfologica, 2) embriologica e fisiologica, 3) ecologica ed etologica.
Il presente volume, il primo della seconda sezione, inizia con un breve *excursus* di Gans e Dawson sugli adattamenti fisiologici dei Rettili e sul particolare interesse che tali adattamenti possono presentare per i fisiologi; ad esso segue un utilissimo e vasto capitolo in cui H. S. McDonald riassume le tecniche sinora usate per lo studio della

Biology of the Reptilia is the most extensive and recent attempt in world literature to give a broad unified treatment of everything concerning the structure and the life of living reptiles.
This work, of which five volumes have now been published, was commenced in 1969 and is divided into three sections, each of which comprises several volumes: 1) morphology, 2) embryology and physiology, 3) ecology and ethology.
The present volume is the first of the second section and begins with a short *excursus* by Gans and Dawson on the physiological adaptations of Reptiles and on the particular importance these adaptations may have for physiologists. It is followed by a long and very useful chapter in which H. S. McDonald sums up the techniques

fisiologia nei Rettili e dà un giudizio sulla loro adeguatezza e sulle cautele che è necessario usare per la loro applicazione. Alcuni paragrafi di quest'ultimo capitolo, come ad esempio quelli sull'anestesia, sulla raccolta delle urine, sulle procedure chirurgiche e sugli adesivi cutanei, sono d'importanza pratica anche per coloro che, a qualsiasi titolo, si dedicano all'allevamento dei Rettili e alla cura delle loro malattie.

Il capitolo sul metabolismo, compilato da A. F. Bennett e W. R. Dawson, si occupa dei tassi metabolici nei Rettili in generale e nei vari Ordini e Sottordini della Classe, di alcuni fattori (ormonali, ambientali, ecc.) che influenzano il metabolismo a riposo, di vari problemi metabolici legati all'attività (metabolismo aerobico e anaerobico, capacità termogeniche, ecc.), del metabolismo e della sopravvivenza in ambienti ipossici, delle basi enzimatiche del metabolismo. La respirazione, sia dal punto di vista meccanico che chimico-fisico, è trattata nel IV capitolo, di S. C. Wood e C. J. M. Lenfant; della circolazione e del ruolo che il sistema cardiovascolare ha nella termoregolazione si occupa F. N. White nel V capitolo. Gli ultimi quattro capitoli del libro trattano dei meccanismi omeostatici: regolazione dell'equilibrio acido-base (B. J. Howell e H. Rahn), regolazione osmotica (P. J. Bentley) e ghiandole del sale (W. A. Dunson), funzione renale con speciale riferimento all'escrezione dell'azoto (W. H. Dantzler).

Questo volume, come tutti i lavori seri di sintesi, sarà particolarmente ben accolto dagli erpetologi e da una larga schiera di biologi *sensu lato*, gli uni e gli altri preoccupati (per non dire terrorizzati) da una bibliografia che cresce in maniera mostruosa. Coloro che consulteranno l'opera (e ciò vale anche per la massima parte e forse per tutti i contributi di questo tipo) dovranno però tener conto che anche gli autori dei singoli capitoli si sono trovati dinanzi a una montagna di dati, che difficilmente avrebbe potuto essere analizzata, valutata e assimilata in maniera completa; il lettore dovrà quindi essere pronto ad ovviare ad

used so far in studying Reptile physiology, assessing their suitability and the precautions to be taken in applying them. A few paragraphs of the latter chapter, e.g. those on anaesthetics, urine collection, surgical procedures and cutaneous adhesives are of practical interest to all those who, for whatever reason, have to breed Reptiles and treat their diseases.

The chapter on metabolism by A. F. Bennett and W. R. Dawson deals with metabolic rates in Reptiles in general, and in the various Orders and Suborders of the Class, with a number of factors (hormones, environment, etc.) influencing resting metabolic rate, as well as various activity-linked metabolic problems (aerobic and anaerobic metabolism, thermogenic capabilities, etc.), metabolism and survival in hypoxic environments, and the enzymatic bases of the metabolism. Respiration is dealt with by S. C. Wood and C. J. M. Lenfant in Chapter IV from both the mechanical and the chemo-physical standpoint. F. N. White writes about circulation and the role of the cardiovascular system in thermoregulation in Chapter V. The last four chapters are on homeostatic mechanisms: regulation of acid-base balance (B. J. Howell and H. Rahn), osmoregulation (P. J. Bentley) and salt glands (W. A. Dunson), renal function with special emphasis on nitrogen excretion (W. H. Dantzler).

Like all serious works of synthesis, this volume will be much welcomed by both herpetologists and a large number of general biologists, all of whom are concerned (not to say horrified) by a literature that is expanding at a dizzy rate. Those referring to this work (and this is true for most and even all of the contributions of this kind) must remember that also the authors of the individual chapters had a mountain of data to deal with that was hard to analyse, assess and assimilate completely. The reader must thus be ready to make up for a number of oversights, particularly as regards the non-English literature. For instance, no reference is made as regards survival

alcune deficienze di informazione, riguardanti soprattutto la letteratura non di lingua inglese. Per esempio, a proposito della sopravvivenza in ambiente ipossico o anossico, nonché dei meccanismi fisiologici connessi, manca qualsiasi accenno ai lavori che la scuola genovese (M. A. Cherchi, E. Balletto, A. Arillo, ecc.) sta conducendo in proposito da oltre dieci anni e da essa pubblicati, in italiano ma con riassunto in inglese, soprattutto nel Bollettino dei Musei e degli Istituti Biologici dell'Università di Genova.
Assai accurati gli indici, per materia e per autori; ottima l'iconografia.

in hypoxic or anoxic environments and related physiological mechanisms to the work of the Genoa school (M. A. Cherchi, E. Balletto, A. Arillo, etc.) over the last ten years or more and published, in Italian although with English summaries, mainly in Bollettino dei Musei e degli Istituti Biologici dell'Università di Genova.
The author and subject indexes are very careful and the illustrative material is excellent.

BENEDETTO LANZA

PRAKASH, I. and GHOSH, P.K. (eds.)

Rodents in Desert Environments

Series: Monographiae Biologicae, Vol. 28
Dr. W. Junk b.v. Publishers, The Hague, 1975
XVI+624 pp., figs. and tables, Dfl. 180,—

Secondo Köppen possono essere definiti deserti le aree caratterizzate da temperature generalmente alte e precipitazioni annuali inferiori ai 255 mm; steppe quelle con forti variazioni giornaliere e stagionali della temperatura e precipitazioni annuali comprese fra i 254 e i 508 mm. Deserti e subdeserti, così intesi, occupano ben 41,6 milioni di km², divisi tra loro in parti uguali, cioè un'area corrispondente al 28% di tutte le terre emerse. Le zone aride e semiaride hanno una bassa produttività primaria, cioè un'assai limitata capacità di produrre cibo; ma, pur se poco produttive, la loro stessa immensità le rende degne di considerazione anche sotto questo punto di vista. D'altra parte il loro valore potenziale come fonte di materie prime è praticamente illimitato. Lo studio approfondito di dette zone è quindi ampiamente giustificato, quand'anche si volessero mettere nel dimenticatoio le esigenze della ricerca pura e, perché no, quelle sentimentali, visto che proprio le regioni desertiche e semidesertiche hanno assistito al sorgere, all'affermarsi

According to Köppen's definition deserts are areas characterised by generally high temperatures and annual rainfalls of less than 255 mm; steppes are areas with high daily and seasonal variations in temperature and annual rainfalls of between 254 and 507 mm. Thus defined, deserts and sub-deserts occupy a good 41.6 million km², divided up into equal parts, i.e. an area corresponding to 28% of all emerged lands. The arid and semi-arid zones have a low primary productivity, i.e. a very limited capacity for food production. In spite of this low productivity, however, their very size makes them worthy of consideration also from this standpoint. Their potential value as a source of raw materials is, on the other hand, almost unlimited, and so a detailed study of these areas is amply justified even neglecting the requirements of pure research and, why not, also by sentimental reasons as it was these very desert and semidesert regions that saw the birth and rise of the first great human civilisations.

e al fiorire delle prime grandi civiltà del genere umano.

Una delle principali inquadrature concettuali per lo studio dei deserti, e forse la principale in senso assoluto, è quella biologica, la cui esègesi, per quanto riguarda la zoologia, può farsi risalire al 1923, anno in cui S. B. Buxton pubblicò *Animal life in deserts* (E. Arnold Publ., London). Da allora, in séguito all'attività di singoli ricercatori o di organizzazioni anche a livello internazionale, l'UNESCO ad esempio, le nostre conoscenze sono aumentate a dismisura e hanno offerto il materiale di base a numerosi lavori di sintesi sui più svariati argomenti concernenti la biologia del deserto.

Il presente volume colma una grossa lacuna, in quanto mancava nella letteratura mondiale una veduta d'insieme sui Roditori deserticoli, cioè proprio sul gruppo animale che nei deserti raggiunge la biomassa maggiore e che pertanto svolge un ruolo fondamentale o predominante nell'economia generale di tali ambienti.

Uno dei problemi più assillanti dell'umanità è quello riguardante il progressivo estendersi delle aree desertiche, fenomeno che ha varie cause, ma che le attuali correnti di pensiero tendono a considerare fondamentalmente di origine climatica. Ma se in proposito alcuni sono di diverso parere, tutti concordano invece nel ritenere che, per quanto riguarda le cause biotiche, l'uomo ha di gran lunga le maggiori responsabilità.

Comunque anche il ruolo svolto in tal senso dai Roditori deserticoli è tutt'altro che trascurabile in quanto essi, essendo quasi tutti scavatori, portano in superficie grandi quantità di terreno reso incoerente e perciò facile preda dei venti; questi Roditori favoriscono quindi l'erosione del suolo, che, come è ben noto, rappresenta una delle cause principali della desertificazione. Per avere un'idea quantitativa del fenomeno basterà citare il caso del *Meriones hurrianae;* secondo Prakash (cap. V), nel deserto di Rajasthan (India), in estate, questa specie è capace di riversare all'esterno circa 61 tonnellate e mezzo di terreno al giorno per km^2. Ho voluto accennare al problema della

One of the main conceptual frameworks for any study of deserts, and perhaps even the main one in an absolute sense, is the biological one, the exegesis of which, as far as zoology is concerned, began in 1923, the year S. B. Buxton published *Animal life in deserts* (E. Arnold Publ., London). Ever since then, as a result of the activity of individual researchers or even of international organisations e.g. UNESCO, our knowledge has increased rapidly, thus providing the basic material for a number of works of synthesis on a very wide range of subjects related to desert biology. The need for the present volume was deeply felt as, in the world literature, there was no general work on desert rodents, i.e. on the very group of desert animals with the highest biomass and which thus plays an essential or predominant role in the overall economy of these environments.

One of the most disturbing problems of mankind is that of the gradual spread of desert areas, a phenomenon that has various causes which modern thinking tends to ascribe basically to climate. Although there may be some disagreement on this point, everyone concurs that, as far as the biotic causes are concerned, man is by far the most responsible. However, also the role played in this sense by desert Rodents is far from negligible as, since they are almost all burrowing animals, they bring to the surface large quantities of loose soil which is then blown away by the wind. These rodents thus favour soil erosion and the latter is known to be one of the major causes of desertification. The case of *Meriones hurrianae* is sufficient to give a quantitative idea of the phenomenon. According to Prakash (Chap. V), during the summer in the Rajasthan desert (India), this species is capable of bringing to the surface about 61 and a half tons of soil per day per km^2. I have mentioned the problem of biotic desertification, whose practical implications are immediately apparent, above all to show the non-specialist reader that volumes like these have a wider appeal than the apparent narrowness of the subject

desertificazione biotica, che ha addentellati pratici di immediata comprensione, soprattutto per far comprendere al lettore non specializzato che volumi come quello in questione hanno un interesse assai più ampio di quanto l'apparente limitatezza dell'argomento potrebbe far credere. E, sempre parlando di aspetti pratici, come non ricordare la possibilità di utili confronti tra la funzione renale di questi animali, alcuni dei quali vivono solo di semi secchi e senza mai bere, e quella umana, con i suoi molteplici riflessi sulla fisiologia e la patologia del rene? È infatti ben noto che talora certi fenomeni risultano più facilmente comprensibili se studiati nelle loro manifestazioni di grado estremo, piuttosto che in quelle di grado medio; il topo australiano *Notomys alexis*, per esempio, è fra tutti i Mammiferi quello che produce le urine più concentrate, riuscendo a raggiungere incredibili valori di concentrazione di oltre 9 osmomole/l (MacMillan & Lee, 1967, citati da Newsome e Corbett, cap. VI). Altro lato di grande interesse pratico è rappresentato dal fatto che alcuni Roditori deserticoli possono essere pericolosi come riserva di organismi responsabili di molte gravi malattie dell'uomo e degli animali domestici, come la peste, la leishmaniosi e la spirochetosi: uno di questo è il gerbillo *Rhombomys opimus*, diffusissimo nelle regioni aride dell'Asia centrale e sud-occidentale (cfr. Naumov e Lobachev, cap. XXIII).
Il volume comprende: un capitolo introduttivo sulle caratteristiche ambientali proprie delle regioni desertiche; nove capitoli sulla biologia e soprattutto sull'ecologia dei Roditori eremici del Sudan (cap. II), dell'Iran (cap. III), dell'Afganistan (cap. IV), dell'India (cap. V), dell'U.R.S.S. (cap. XXIIII), dell'Australia (cap. VI), dell'Argentina (cap. VII) e del Nordamerica (capp. XIV, XV); un capitolo (VIII) sulla sistematica della famiglia dei Gerbillidae e uno (XXII) sui Nematodi parassiti dei Roditori deserticoli indiani; un capitolo (XVI) sulle variazioni ambientali e della fauna di Roditori in Israele dal Miocene ad oggi e uno (XVII) sui Roditori preistorici del Medio

might lead one to expect. While on the subject of the practical aspects, how can we overlook the importance of a comparison between the renal function of these animals, some of which live exclusively on dry seeds and never drink, and that of human beings, with its far-reaching implications as regards kidney physiology and pathology? It is common knowledge that certain phenomena are often easier to understand if studied in their extreme manifestations rather than in their intermediate ones. The Australian mouse *Notomys alexis*, for instance, produces the most concentrated urine of all mammal, reaching the incredibly high values of more than 9 osmomoles/l (MacMillan & Lee, 1967, quoted by Newsome and Corbett, Chap. VI). Another aspect of great practical interest is the fact that some desert rodents can be dangerous as a reservoir for organisms responsible for many serious diseases affecting man and his domestic animals, e.g. the plague, leishmaniosis and spirochetosis. One of these is the gerbil *Rhombomys opimus*, widespread in the desert regions of Central and south-west Asia (cf. Naumov and Lobachev, Chap. XXIII).

The volume comprises: an introductory chapter on the environmental characteristics of the desert regions; nine chapters on the biology and, above all, the ecology of the eremic rodents of the Sudan (Chap. II), Iran (Chap. III), Afghanistan (Chap. IV), India (Chap. V), USSR (Chap. XXIII), Australia (Chap. VI), Argentina (Chap. VII) and North America (Chaps. 14, 15); one chapter (VIII) on the taxonomy of the Gerbillidae family and one (XXII) on the Nematodes parasitic on Indian deserticolous rodents; a chapter (XVI) on the environmental and rodent fauna variations in Israel from the Miocene down to our times and one (XVII) on prehistoric Middle East rodents; lastly, seven chapters (IX-XIII, XX, XXI and part of VII) on the morphological, physiological, ecological and ethological adaptations typical of eremic Rodents. There are three indexes: one for

Oriente; infine, sette capitoli (IX-XIII, XX, XXI) e una parte del VII sugli adattamenti morfologici, fisiologici, ecologici ed etologici propri dei Roditori eremici. Gli indici sono tre: degli autori, sistematico e degli argomenti.

Prakash e Ghosh, nella prefazione, si dicono consci di alcune deficienze e limitazioni del volume da loro curato, ad esempio del fatto che malgrado i loro sforzi « molte specie, molte regioni geografiche e molti aspetti della ricerca non sono stati trattati ». Aggiungerei che il volume, più che la natura organica di un 'libro', ha quella piuttosto disorganica e ricca di ripetizioni di una raccolta di singole monografie. L'iconografia è buona od ottima, salvo poche eccezioni (ad es., le figg. 4 e 5 del cap. XXI); i grafici del voluminoso e importante lavoro di Naumov e Lobachev sui Roditori eremici dell'U.R.S.S. (la revisione linguistica e l'adattamento del quale hanno messo a dura prova gli 'editors') avrebbero potuto essere ridisegnati e tradotti in inglese senza eccessive difficoltà. Queste mie osservazioni vanno intese non come una critica, ma come suggerimenti per una futura edizione del volume, che gli stessi Prakash e Ghosh annunziano come possibile.

Si tratta in complesso di un magnifico contributo alle scienze biologiche, la cui lettura risulterà ricca di stimoli, di interesse e talora di vere sorprese per i biologi di qualsiasi indirizzo.

authors, a systematic one and one of the subjects treated.

In their preface, Prakash and Ghosh say they are well aware of certain deficiencies and limitations of the work they have edited, for instance, the fact that in spite of their best efforts « many species, geographical regions and aspects of research have remained uncovered ». I would add that this volume, rather than the organic nature of a 'book', has the rather disorganic nature, rich in repetitions, typical of a collection of single monographs. The illustrative material is good with few exceptions (e.g. figs. 4 and 5 in Chap. XXI); the graphs in the large and important contribution by Naumov e Lobachev on eremic Rodents of the USSR (the linguistic revision and adaptation of which was no easy task for the editors) could have been redrawn and translated into English without undue difficulty. These observations are not meant as criticism but as suggestions for a future edition which Prakash & Ghosh announce as a possibility.

On the whole this is a splendid contribution to biological science, and it will be stimulating, interesting and occasionally truly surprising reading for all kinds of biologists.

BENEDETTO LANZA

STURKIE, P.D. (ed.)

Avian Physiology

Series: Springer Advanced Texts in Life Science
Springer-Verlag, Berlin, 1976
XIII+400 pp., figs., DM 58,60

Si tratta di un'opera giunta ormai alla terza edizione (la prima è del 1953) che inquadra da un punto di vista fisiologico in modo completo e classico i principali organi e sistemi degli Uccelli tenendo conto dei più recenti risultati acquisiti in vari campi della loro fisiologia e soprattutto dell'endocrinologia, riproduzione, circolazione, respirazione e termoregolazione.
La terza edizione è notevolmente ampliata rispetto alle precedenti e comprende nuovi capitoli sul metabolismo lipidico e proteico che sottolineano le differenze nei prodotti e vie metaboliche fra Uccelli e Mammiferi. Completamente rivisti ed ampliati sono i capitoli sulla respirazione, sul sistema nervoso, sul metabolismo dei carboidrati, sulla tiroide. La trattazione sul pancreas è nuova ed ampio risalto è dato ai processi fisiologici relativi al sangue, al cuore e alla circolazione, compresi in tre capitoli redatti dall'editore stesso.
L'opera ha uno svolgimento equilibrato oltre che ampio e alla stesura dei suoi capitoli hanno contribuito una dozzina di specialisti. Il sistema nervoso è trattato da T. B. Bolton, gli organi di senso da M. R. Kare e J. G. Rogers Jr., il sangue nelle sue caratteristiche fisiche, elementi figurati, emoglobina e coagulazione da P. D. Sturkie e P. Griminger. P. D. Sturkie ha svolto anche gli argomenti relativi al cuore e alla circolazione dei sangue ivi compresa l'emodinamica, la pressione sanguigna e l'elettrocardiografia; inoltre i capitoli sulla secrezione del succo pancreatico, la digestione e il tubo digerente, il fegato e la bile, i reni, l'escrezione e l'urina e l'ipofisi. I capitoli sulla riproduzione e la formazione delle uova nella femmina e la riproduzione nel maschio, la fecondazione e le prime fasi dello sviluppo embrionale sono svolti da Sturkie in collaborazione rispettivamente

This is the third edition (the first came out in 1953) of a text giving a complete and classical physiological treatment of the main organs and systems of birds, taking account of the most recent results in the various sectors of their physiology, and in particular endocrinology, reproduction, circulation, respiration and thermoregulation. The third edition is much more extensive than the earlier ones and contains new chapters on lipid and protein metabolism emphasizing the differences in the metabolic products and pathways between birds and mammals. The chapters on respiration, the nervous system, carbohydrate metabolism and the thyroid have been completely revised and extended. There is a new treatment of the pancreas and much emphasis is given to the physiological processes of the blood, heart and circulation in three chapters written by the editor himself.
The book is balanced as well as comprehensive, and a dozen or so specialists have contributed to writing it. The nervous system is treated by T. B. Bolton, the sense organs by M. R. Kare and J. G. Rogers Jr, blood in its physical characteristics, figurate elements, haemoglobin and coagulation by P. D. Sturkie and P. Griminger. P. D. Sturkie also deals with the heart and blood circulation including haemodynamics, blood pressure and the electrocardiograph, as well as the chapters on pancreas secretion, digestion, excretion and the digestive tract, liver and bile, kidneys, excretion and urine, and the hypophysis. The chapters on reproduction and egg formation in the female and reproduction in the male, fecundation and the early phases of embryonic development are dealt with by Sturkie in collaboration with W. J. Mueller and H. Opel, respectively. Respiration is dealt with by

con W. J. Mueller e H. Opel. La respirazione è trattata da M. R. Fedde, la termoregolazione e il metabolismo energetico da G. C. Whittow, il metabolismo dei carboidrati da R. L. Hazelwood e quello proteico e lipidico da P. Griminger. La fisiologia della tiroide e delle capsule surrenali è stata redatta da R. K. Ringer e quella delle paratiroidi, dei corpi ultimobranchiali e delle ghiandole pineali dal medesimo autore insieme a D. C. Meyer. R. L. Hazelwood ha infine scritto il capitolo sul pancreas. Una dettagliata e aggiornata bibliografia segue ogni capitolo. La parte iconografica ricca in particolare di schemi e tabelle è sufficientemente curata.

L'opera rappresenta un manuale fondamentale per la conoscenza della fisiologia degli Uccelli. Essa ottempera perfettamente al duplice intento dell'editore, quello di fornire una base per la ricerca del fisiologo sperimentale e quello di dare gli opportuni riferimenti allo studioso dei problemi della fisiologia comparata, zoologia, ecologia e ornitologia in generle.

M. R. Fedde, thermoregulation and energy metabolism by G. C. Whittow, carbohydrate metabolism by R. L. Hazelwood and protein and lipid metabolism by P. Griminger. Thyroid physiology and that of the suprarenal capsules is discussed by R. K. Ringer and the physiology of the parathyroids, the ultimobranchial bodies and the pineal glands by the same author together with D. C. Meyer. R. L. Hazelwood wrote the chapter on the pancreas. There are detailed, up-to-date references at the end of each chapter. The illustrative material, particularly rich in drawings and tables, is quite well done.

This work is a basic handbook of bird physiology. The editor's dual intent has been perfectly achieved, i.e. to provide a basis for experimental physiological research as well as suitable references for students of problems of comparative physiology, zoology, ecology and general ornithology.

MICHELE SARÀ

ZUELCH, K.J.. CREUTZFELDT, O., and GALBRAITH, G.C. (eds.)

Cerebral Localization

An Otfrid Foerster Symposium
Springer-Verlag, Berlin, 1975
x+340 pp., figs. and tables, DM 88,—

In questo volume sono raccolti i contributi di un Simposio riguardante il grosso problema della localizzazione cerebrale, organizzato per celebrare il centenario della nascita di Otfrid Foerster. Possiamo subito orientarci sulla valutazione da dare al libro, osservando i nomi degli editori: Zuelch, Creutzfeldt, Galbraith. Tre grossi calibri che, ovviamente, hanno espletato magistralmente il loro compito di coordinatori delle opinioni non sempre concordi di 34 autorevoli ricercatori provenienti, ci sia

This volume collects the papers of a Symposium on the great problem of cerebral localization organised to celebrate the centenary of the birth of Otfrid Foerster. Some idea of the assessment to be made of the book can be had by observing the names of the editors: Zuelch, Creutzfelt, Galbraith. These three big names have of course brilliantly carried out their task of coordinating the often differing opinions of 34 authoritative researchers coming, if we may

concesso il luogo comune, praticamente da tutto il mondo.
Sappiamo che agli organi cosiddetti 'periferici' corrisponde una proiezione centrale, di modo che a tutte le nostre funzioni motorie e sensoriali corrisponde una zona del cervello, specializzata nell'elaborazione del messaggio captato dagli appositi trasduttori. Le prime 'mappe' cerebrali dell'attività motoria umana risalgono al secolo scorso, e, appunto, Foerster vi ha apportato un contributo fondamentale. Interessante, anche per chi, non essendo neurofisiologo, segue il problema con distaccata partecipazione personale, è la revisione critica di Zuelch. Questo partecipante al Simposio sulla localizzazione cerebrale richiama l'attenzione sul fatto che ancora questo termine non è stato definito in maniera soddisfacente, anche se se ne fa uso da epoche precedenti la nascita di Cristo. Le ricerche sugli animali, e, in particolari circostanze, sull'uomo, basate sulla stimolazione elettrica della corteccia, ha effettivamente aperto nuovi orizzonti, ma la classificazione topistica è irta di problemi. Il contributo dei clinici, basato sull'esame dei sintomi che fanno seguito alla stimolazione di un organo periferico, dopo la distruzione di un dato settore cerebrale, ha portato ad una casistica monumentale, ed ha diviso gli specialisti in varie fazioni. In breve, la perdita di una funzione è da attribuirsi alla perdita di una parte specializzata del cervello o ad una diminuzione quantitativa della sostanza cerebrale? Fra 'localizzatori geografici' ed 'universalizzatori' esiste una posizione intermedia conciliante. Comunque, qualunque sia il punto di vista, secondo Zuelch, rimane il fatto che ancora oggi è difficile correlare la morfologia con la funzione, in quanto è quasi impossibile valutare lo stato funzionale delle cellule ganglionari sulla base di considerazioni anatomo istologiche.
C'è chi ha sostenuto che non ha senso distinguere più di una ventina di aree di localizzazione, chi ne considera più di un centinaio, in aggiunta ai numerosi nuclei situati in profondità. C'è chi crede nella descrizione

be pardoned the commonplace, from practically all over the world.
We know that corresponding to the socalled 'peripheral' organs there is a central projection so that to all our motor and sensory functions there corresponds an area of the brain that is specialised in elaborating the message received from the transudcers. The first brain 'maps' of human motor activity appeared last century and it was Foerster who made a fundamental contribution to the subject. Of interest also to those who, although not neurophysiologists, follow the problem with detached personal involvement, is Zuelch's critical re-appraisal. This participant at the Cerebral Localisation Symposium draws our attention to the fact that the term still has to be defined satisfactorily even though it was in use in ages prior to the birth of Christ. Research on animals and, in some special cases, in man, based on the electrical stimulation of the cortex has opened up new horizons but topistic classification is fraught with difficulties. Clinicians' contributions based on the examination of symptoms after stimulation of a peripheral organ, subsequent to the destruction of a given brain sector, have given rise to vast number of case histories and the opinions of the specialists as to the various functions are divided. In a word, is the loss of a function to be attributed to the loss of a specialised part of the brain or to a quantitative reduction in brain substance? There is, however, an intermediate position between 'geographic localisers' and 'universalisers'. Whatever the case may be, according to Zuelch the fact remains that even today it is difficult to correlate morphology with function as it is almost impossible to evaluate the functional state of the ganglion cells on the strength of anatomico-histological considerations.
Some claim that there is no point in recognising more than a score of localisation areas, others say there are more than one hundred, in addition to the numerous nuclei situated in depth. Some believe in the fine cyto-architectural description and in the

cito-architettonica fine e nella precisa descrizione morfologica della superficie, e non disdegna le vecchie credenze per cui la comprensione della matematica, il mancinismo, addirittura il genio, trovano la loro contropartita nell'ampiezza di certe convoluzioni e particolarità dell'architettura, indicando il numero, la grandezza e la posizione delle cellule che spiegherebbero la particolare capacità di 'associazione'.
Fra i nomi di rilievo presenti al Simposio ricordiamo Bach-y-Rita, noto universalmente per avere affrontato il problema della sostituzione degli occhi con sensori artificiali. L'utilizzazione di queste protesi ad alto livello richiede la disamina del problema della plasticità dei meccanismi cerebrali. Ci sembra scontato che questo libro debba far parte della bilbioteca di un laboratorio specializzato nel campo della Neurofisiologia. Anche se è tutt'altro che divulgativo, tuttavia crediamo che possa affascinare anche i non specialisti, come è avvenuto, per esempio, nel nostro caso personale. Il modo con cui ogni oratore porge il suo problema è tale che l'inizio di ciascun contributo è, praticamente, comprensibile, diciamo, a chiunque. Si comprende il problema, si afferra la tecnica sperimentale e ad un certo punto, procedendo nella lettura, si rimane bloccati, per mancanza di competenza specifica. Saltando alle conclusioni, si trova detto che tutti gli sforzi compiuti ci hanno solo di poco avvicinati alla meta. È forse questo che l'uomo vuole sentirsi dire, che il suo cervello è una macchina misteriosa, che ha affascinato gli scienziati, e li farà lavorare ancora per molto.

precise morphological description of the surface, and do not despise the old beliefs according to which the understanding of mathematics, left-handedness and even genius correspond to the size of certain convolutions and architectural peculiarities, indicating the number, size and position of the cells that would explain the peculiar capacity of 'association'. One of the most eminent of those at the Symposium was Bach-y-Rita, widely known for having tackled the problem of eye-replacement with artificial sensors. The use of these top-level prostheses calls for an investigation to be made of the plasticity of cerebral mechanisms. This book ought definitely to be part of any library of a laboratory specialising in the field of neurophysiology. Although not a popularizing work it can easily fascinate non-specialists, as happened to me personally. The way each speaker sets out his problem at the beginning of each paper is comprehensible to practically anybody. The problem is grasped, the experimental technique understood and, as one reads on, one is finally brought to a standstill for lack of specific knowledge. Going straight to the conclusions one finds that all the efforts made have not brought us much closer to the objective. This is perhaps what man wants to hear, i.e. that his brain is a mysterious machine that has fascinated scientists and will oblige them to go on working for a long time to come.

LUCIA ROSITANI RONCHI

BOYCE, J. K. and EVENSON, R. E.

Agricultural Research and Extension Programs

Agricultural Development Council, Inc.,
New York, 1975
VII+229 pp., tables, $4.50

Di questo libro si potrebbe dire che è il Baedecker della ricerca agricola, per quanto riguarda i rapporti tra scienza e produzione. È la prima opera che compendia in un'unica ottica analitica l'imponente massa di dati disponibili a livello mondiale sugli impegni economici per la ricerca agricola. Gli Autori hanno cercato di normalizzare tutte le informazioni raccolte in modo da poter costruire delle funzioni di correlazione in termini macroeconomici tra fattori 'interni' alla ricerca (costi, pubblicazioni prodotte, suddivisione di queste in base al tipo di ricerca — « agriculturally related » oppure « commodity oriented » — spesa e dimensioni dei servizi di trasferimento dei risultati scientifici, ecc.) e fattori 'esterni' quali la produttività agricola, le classi di reddito medio, ecc.

Non v'è dubbio che per rispondere al quesito « in che misura la scienza può sopperire ai crescenti bisogni alimentari dell'umanità? » e all'altro che ne consegue « come orientare la scienza per lo sviluppo dell'agricoltura? », la gran massa di dati raccolti ed analizzati in questo libro ha un interesse grandissimo. Pur con tutti i suoi limiti (e gli Autori avvertono che esso è fondamentalmente una compilazione ragionata di dati) esso fornisce un utile background ed uno stimolo all'approfondimento per chi si occupa dei problemi dello sviluppo, anche a livello di singolo paese (e sappiamo quanto bisogno ce ne sarebbe in Italia!).

Boyce ha conseguito il baccalaureato in 'sviluppo agricolo' all'Università di Yale, un titolo che egli stesso ha coniato. Adesso si occupa di problemi dello sviluppo in alcuni paesi dell'Asia.

Evenson studia da circa dieci anni questi problemi. Ha pubblicato numerosi lavori di

This book could be defined the Baedecker of agricultural research as far as the relations between science and production are concerned. It is the first work to have ordered according to a single analytical criterion the huge mass of data available at world level on economic commitments for agricultural research. The authors have set out to normalize all the information collected with a view to constructing correlation functions in terms of macro-economy between 'internal' factors of the research (costs, publications produced, subdivision of the latter into « agriculturally related » or « commodity oriented » according to the type of research, cost and size of transfer services of the scientific results, etc.) and 'external' factors like agricultural productivity, average income classes, etc.

There is no doubt that in order to answer the question « to what extent can science satisfy the growing food requirements of mankind? » and the related one of « how to orient science towards the development of agriculture? », the great mass of data collected and analysed in this book is of enormous interest. In spite of its limitations (and the authors point out that it is basically a rational compilation of data) it provides a useful background and a stimulus for anyone wishing to go further into the problems of development, even at the level of single countries (and we all know how much this is needed in Italy!).

Boyce graduated in 'agricultural development' at Yale University, a subject whose name he himself invented. He is now working on problems of development in several Asian countries.

Evenson has been studying these problems

ricerca econometrica che tendono a costruire delle funzioni di correlazione fra struttura e costi della ricerca e produttività di determinati prodotti agricoli basilari. Ciò che comprensibilmente lo assilla è la definizione dei parametri per l'output diretto della ricerca. Egli è stato tra quelli che già alcuni anni fa hanno contribuito a stigmatizzare i miracoli della 'rivoluzione verde', proprio basandosi su metodi di rilevazione e di analisi tendenti il più possibile alla scientificità.
Per chi si occupa di politica della ricerca, e quindi ha maturato la necessità di capire meglio i rapporti fra scienze naturalistico-tecnologiche e ricaduta nella società, questa opera arriva a proposito. Specie se si tiene presente che la gran parte degli economisti, nel nostro Paese, di solito ignora il fattore 'ricerca' soprattutto nelle questioni inerenti l'agricoltura.

for about ten years. He has published numerous papers on econometric research aimed at constructing correlation functions between structure and research costs and the productivity of certain basic agricultural products. Of course, what he is most concerned about is the definition of the direct output parameters of the research. He is one of those who, several years ago, helped debunk the miracles of the 'green revolution' using detection and analysis methods that were as scientific as possible.
For anyone connected with research policy and thus needing to obtain a better understanding of the relations between naturalistico-technological sciences and the fallout in society, this is a timely book, especially in view of the fact that most economists in this country usually neglect the 'research' factor particularly when dealing with questions related to agriculture.

ENNIO GALANTE

ARNON, I.

The Planning and Programming of Agricultural Research

Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, 1975
122 pp., figs. and tables, $2.50

Mentre nel primo volume qui recensito gli Autori forniscono un quadro conoscitivo della situazione in atto (risalendo agli ultimi venti anni addietro), Arnon cerca, invece, di verificare se con il presente 'stato dell'arte' sia possibile costruire dei modelli scientifici in base ai quali orientare le scelte di pianificazione e l'allocazione delle risorse finanziarie per la ricerca, come primo passo, e vagliare in modo il meno possibile intuitivo i singoli programmi scientifici o i gruppi di programmi fra loro coerenti, poi. Affermando che la responsabilità delle scelte nella ricerca agricola è dei ricercatori — abbiano essi compiti organizzativi o operino in laboratorio — Arnon sembra in contraddi-

While in the first volume reviewed above the authors give an informative picture of the current situation (covering the past twenty years), Arnon set out to verify whether, with our present knowledge, it is possible to construct scientific models in order to direct the choices involved in planning and assigning the financial resources for research, and then to assess as objectively as possible, the individual scientific programs or interrelated groups of programs. When he claims that the responsibility for the choices made in agricultural research lies with the researchers, whether they have organisational or laboratory tasks, Arnon seems to contradict his previous sta-

zione con la sua precedente affermazione che gli economisti solo recentemente si sono accorti dell'importanza della ricerca come fattore economico. Va tenuto presente che Arnon proviene dai ranghi della ricerca a differenza di Boyce e Evenson che hanno matrice di economisti. Perciò egli tende a vedere il problema 'dall'interno' del campo della ricerca di tipo fisico-biologico. Il merito sta nel comprendere la necessità di ricomporre le ottiche settorialistiche. Tanto è vero che indirizza il libro a tre categorie di lettori: coloro i quali hanno responsabilità nella destinazione dei fondi, gli organizzatori della ricerca e gli stessi ricercatori.
Uno degli obbiettivi di questo lavoro è di passare in rassegna le metodologie attualmente disponibili. Come è noto, esse derivano essenzialmente dagli studiosi di organizzazione dei processi industriali. Sorge quindi la necessità di capire se possano essere applicate o adattate alla ricerca agricola.
In questo periodo in Italia si parla con crescente insistenza di 'progetti finalizzati' e di un 'piano nazionale della ricerca agricola' che sia funzionale al piano agricolo-alimentare. Ci auguriamo che i responsabili politici e quelli degli enti pubblici di ricerca siano edotti di quanto Arnon, Boyce ed Evenson dicono e propongono a livello di metodologia delle scelte in materia.

tement that only recently have economists realised the importance of research as an economic factor. It must be borne in mind that Arnon, unlike Boyce and Evenson who have an economics background, comes from the ranks of the researchers. He thus tends to view the problem 'from inside', the physico-biological type research field. What must be done is to grasp the necessity of recomposing the sectorialistic outlooks. With this in mind, the book has been written for three types of readers: those whose task is to earmark the funds, the research organisers and the researchers themselves.
One of the objectives of this work is to review currently available methodologies, which have been derived by workers analysing the organisation of industrial processes. The necessity thus arises of understanding whether they can be applied or adapted to agricultural research.
At the present time in Italy increasing mention is being made of 'purposive plans' and of a 'national agricultural research plan' as a function of the agricultural and food plan. It is to be hoped that the politicians and those responsible for the public research organisation should be informed of what Arnon, Boyce and Evenson have to say and propose in connection with the methodology of the choices to be made in this field.

ENNIO GALANTE

POLJAKOFF-MAYBER, A. and GALE, J. (eds.)
Plants in Saline Environments
Series: Ecological Studies, Vol. 15
Springer-Verlag, Berlin, 1975
VIII+214 pp., figs and tables, DM 72,60

La possibilità di esistenza di vegetazione spontanea o coltivata sul terreno, com'è noto, dipende dalla sua composizione chimica, dalla struttura fisica, dal clima e dalla latitudine geografica. A parità delle altre

The existence of spontaneous vegetation or vegetation cultivated in the field is known to depend on the latter's chemical composition, its physical structure, the climate and the latitude. All things being equal, one of the

condizioni uno dei fattori chimici importanti, ai fini dello sviluppo di determinate specie vegetali, è il contenuto di sali solubili nel terreno in quanto molto differenti sono le esigenze e le sensibilità delle varie specie. Lo studio degli effetti della 'salinità' sulle piante riveste quindi un duplice aspetto: conoscitivo per quanto riguarda gli effetti di tipo biologico ed economico, in relazione alla produzione agricola. Ovviamente, questi due aspetti sono strettamente interdipendenti. L'interesse per lo studio dei meccanismi di interazione tra pianta e ioni si accresce se si pensa alla rilevanza del problema dal punto di vista agricolo. Il rapido incremento della popolazione mondiale, rende sempre più importante l'aumento della produzione agricolo-alimentare: in altri termini, quindi, anche la possibilità di aumentare la superficie coltivabile che dipende, ovviamente, dalla conoscenza sia del suolo che della sensibilità delle specie vegetali coltivate alle condizioni ambientali e, in particolare, all'ambiente chimico del terreno.

Il problema della salinità del suolo è presente in due grandi classi di terreni: quelli di quasi tutte le zone aride e semi-aride e quelli che, essendo vicini alle coste marine, non smaltiscono o addirittura ricevono dal mare i sali (paludi con piante a carattere erbaceo e paludi con mangrovie). Sia gli uni che gli altri sono potenzialmente utilizzabili ai fini dell'aumento della superficie coltivabile. Specialmente nel caso delle zone paludose, si tratta di terreni ricchi di nutrimento anche per il fatto che alla confluenza delle acque dolci dei fiumi con quelle del mare si ha un'intensa attività biologica. Attualmente circa il 70% della popolazione mondiale è concentrata nelle aree vicine alle coste; ciò ha provocato una errata utilizzazione delle fasce costiere paludose a causa dello sviluppo degli insediamenti industriali e delle vaste aree portuali; aree che avrebbero potuto essere altamente produttive di beni alimentari. Tra il 1922 e il 1964 negli USA è stato distrutto un terzo delle aree paludose costiere.

Per avere un'idea delle dimensioni del problema delle aree saline, basti pensare che

important chemical factors in the development of certain plant species is the soluble salt content of the soil since the requirements and sensitivity of the various species vary considerably. The study of the effects of 'salinity' on plants thus has a dual aspect: a cognitive one as far as the biological effects are concerned and an economic one in relation to farm production. Of course these two aspects are closely related. Interest in the study of interaction mechanisms between plants and ions is increased by the importance this problem has from the agricultural standpoint. The rapid rise in world population makes it increasingly important to boost agricultural food production. In other words, even the possibility of extending the area of available arable land obviously depends on our knowledge of both the soil and the sensitivity of the various plant species cultivated to the environmental conditions, particularly the chemical conditions of the soil.

The problem of soil salinity concerns in two large soil categories; i.e. lands located in nearly all the arid and semi-arid zones and those lying near the sea coast which cannot eliminate or actually still receive salts from the sea (swamps with grass - like plants and mangrove swamps). Both are potentially utilizable for the purpose of increasing cultivatable land area. Swamp zones are particularly rich in nourishment also owing to the fact that an intense biological activity occurs where the fresh water from the rivers meet that of the sea. At the present stage, about 70% of the world population is concentrated in areas close to the sea. This has led to an erroneous use being made of the swampy coastal strips as a result of the development of large industrial facilities and huge port zones. The same areas could have been used for highly productive food-growing. Between 1922 and 1964 one third of the coastal swamp areas was destroyed in the USA.

Some idea of the size of the problem of the saline areas can be had from the following figures (expressed in millions of hectares):

si hanno i seguenti valori in milioni di ettari: in India e Pakistan 8, nell'URSS 2,5 (circa il 3,4% della superficie totale), nel Nord America 8-12; anche in varie parti dell'Europa centrale e settentrionale ci sono vaste estensioni di terreni acquitrinosi salati (300.000 ha in Romania, 500.000 ha in Ungheria, vaste aree in Austria, in Bulgaria, in Inghilterra e Scozia).

Una causa di salinità consiste nel trasporto di sali con l'acqua piovana che li scioglie a monte ed evapora a valle provocandovi così un continuo accumulo. Analogo processo si sviluppa nelle aree irrigate. È stato stimato che un quarto della superficie irrigua totale di 103 paesi, che ammontava a 203 milioni di ettari nel 1964, ha un problema di salinità eccessiva.

Tra l'altro, lo studio degli effetti della salinità sulle specie vegetali coltivate è importante ai fini dei programmi di irrigazione con acqua desalinizzata.

Da questi sommari accenni risulta chiara l'importanza dello studio multidisciplinare del problema.

Il libro che consiste di dieci capitoli monografici scritti da dieci specialisti, tra i quali Poljakoff-Mayber e Gate, si pone l'obiettivo di « aprire una nuova visuale al ricercatore che magari si occupa in modo approfondito di uno solo dei molteplici aspetti del problema della salinità », offrendogli un quadro d'insieme.

In effetti le ricerche sulla salinità sono state affrontate già da una ventina di anni e molti lavori riassuntivi su specifiche tematiche sono stati pubblicati. Il quadro d'insieme tendente a creare questa visione nuova è stato impostato organizzando la opera in tre parti: la prima, che riassume i termini generali sia in senso geografico che per quanto attiene all'agricoltura; la seconda, che tratta i rapporti acqua-sali-terreno, e quindi anche l'irrigazione; la terza, affronta gli effetti della salinità sulle piante (suddividendoli in: variazioni morfologiche ed anatomiche; struttura e funzione delle 'glandole saline'; effetti di tipo biochimico sui metabolismi, la fotosintesi, la respirazione, il bilancio idrico e i meccanismi di crescita).

in India and Pakistan 8, URSS 2.5 (about 3.4% of the total area), in North America 8 - 12; also in various parts of Central and Northern Europe there are great expanses of saline swamp-land (300,000 ha in Rumania, 500,000 ha in Hungary, large areas in Austria, Bulgaria, England and Scotland).

One cause of salinity is the transport of salts in rainwater which dissolves them upstream and evaporates downstream, thereby bringing about a constant accumulation. A similar process occurs in irrigation areas. It has been estimated that one quarter of the total irrigated area of 103 countries, i.e. 203 million hectares in 1964, has a problem of excessive salinity.

The study of the effects of salinity on cultivated plant species is important also in the case of irrigation projects using desalinated water.

The interdisciplinary nature of the problem is clear even from the above brief outline.

The book is divided into ten monographic chapters written by ten specialists in the field, including both Poljakoff-Mayber and Gate. It sets out to « open up new vistas to the scientist proficient in perhaps only one aspect of the salinity problem», by offering him an overall view of the subject. In fact, salinity research began some twenty years ago and many summarizing books on specific topics have already been published. The overall view from which this new conception arises was approached by organising the work in three parts: the first provides a general summary of the geographical and agricultural aspects; the second deals with water-salt-soil relations and thus also with irrigation; the third discusses the effects of salinity on plants (subdividing them into: morphological and anatomical variations; structure and function of the 'saline glands'; biochemical type effects on metabolism, photosynthesis, respiration, water balance and growth mechanisms.

As already mentioned, in line with the general approach of this well-constructed series by Springer-Verlag, the book is not a treatise but an informative specialized

Come sopra avvertito — e come è nell'impostazione generale di questa agile collana di Springer-Verlag — il libro non è un trattato ma un'opera di informazione specialistica dalla quale è possibile risalire, data l'ampia bibliografia, agli articoli e alle monografie originali. Gli effetti ambientali più generali quali, ad esempio, la modifica dello strato salino profondo dovuto agli emungimenti dalle falde acquifere o l'atmosfera salina sui litorali o ancora l'apporto di sali dagli scarichi industriali e urbani non sono, in effetti, approfonditi. Va detto, però, che probabilmente gli autori hanno delimitato di proposito il ventaglio delle problematiche.

volume from which it is possible to go back to the original articles and monographs, thanks to the extensive bibliography. The more general environmental effects, e.g. the modification of the deep saline layer owing to milking of the aquifers or the saline atmosphere along the coasts, or again, the salt contribution made by industrial and urban discharge of waste are, in actual fact, not fully investigated. It is highly likely, however, that the authors deliberately restricted the range of problems to be treated right from the outset.

ENNIO GALANTE

WILHELM, F.

Schnee- und Gletscherkunde

Series: Lehrbuch der Allgemeinen Geographie, Vol. III/3
Walter de Gruyter, Berlin, 1975
VIII+434 pp., figs. and tables, DM 85,—

I trattati e manuali di glaciologia sono in prevalenza di lingua tedesca, a partire da quello di R. Heim, del 1885: eccone ancora uno, a distanza di quasi un trentennio da quello ponderoso di R. von Klebelsberg (1948). Benché nel frattempo ne sia uscito uno francese, pure di grossa mole (Lliboutry, 1964-65), non mancavano i motivi per una nuova esposizione generale, tra cui i risultati delle indagini stimolate dall'Anno Geofisico Internazionale e dal Decennio Idrologico.
La glaciologia può essere trattata più da un punto di vista geofisico, oppure più da quello geografico. L'autore di questo denso volume è un geografo (direttore, a Monaco di Baviera, dell'Istituto di Geografia nella Facoltà di Geoscienze) e si è attenuto essenzialmente al punto di vista geografico; il libro, del resto, fa parte del grande trattato di Geografia generale diretto da E. Obst e J. Schmithüsen e pubblicato dalla nota casa editrice Walter de Gruyter a Berlino. Da ciò la preminenza concessa ad alcuni argo-

Most treatises and manuals of glaciology are in German, beginning with the one written in 1885 by R. Heim. The latest one has been published almost tnirty years after R. von Klebelsberg's extensive work (1948). Although, in the meantime, another weighty volume has been published in French (Lliboutry, 1964-65), a fresh general survey is justified by a number of reasons, including the results of the investigations stimulated by the International Geophysical Year and the Hydrological Decade.
Glaciology may be approached from either geophysics or geography. The author of this pithy work is a geographer (he directs the Institute of Geography of the Faculty of Geoscience at Munich) and has kept mainly to the geographical aspects. In any case, the book is part of the extensive treatise on general geography edited by E. Obst and J. Schmithüsen and published by the well-known publishers Walter de Gruyter of Berlin. This explains the large amount of

menti, scarsamente considerati dai geofisici, come la tipologia dei ghiacciai e le oscillazioni glaciali, piuttosto che ad altri, come la meccanica del movimento e le proprietà termiche (tuttavia non trascurate dal Wilhelm). Se questa struttura rientra negli schemi classici dei trattati di glaciologia con intonazione geografica, qui troviamo però una novità nell'ampio posto fatto allo studio della neve, fino a qualche decennio or sono piuttosto trascurato; copiosi dati ci sono ora offerti da ricerche sistematiche recenti. Lo studio della neve non ha solo importanza come premessa a quello dei ghiacciai, ma presenta pure un alto interesse scientifico in sé e poi nei riguardi dell'attività umana (sfruttamento delle acque, diporti invernali, ostacoli alle comunicazioni, ecc.). All'esame della neve viene pertanto dedicato fra un terzo e un quarto della mole del libro. Gli argomenti sono numerosi: precipitazioni nevose, struttura del mantello nevoso, sue proprietà termiche e meccaniche, forme superficiali della copertura nevosa e sua dissipazione, valanghe, limite delle nevi persistenti, diffusione del mantello nevoso, influenze della neve sul paesaggio naturale e umanizzato. La trattazione dei ghiacciai si apre con l'origine, la struttura e tessitura del ghiaccio che li costituisce, approdando a una definizione che è opportuno riferire: i ghiacciai sono masse di nevato e di ghiaccio granulari, derivati da accumuli di neve e contenenti inclusi gassosi, sostanze organiche e materiali rocciosi, masse che defluiscono dall'area di alimentazione a quella di dissipazione. Una trentina di pagine sono dedicate poi al movimento, una decina alle proprietà termiche. L'esame del bilancio di massa è seguito, logicamente, da quello delle oscillazioni glaciali (sono considerate anche le glaciazioni del Quaternario e di periodi geologici anteriori), delle quali si discutono le cause. Un capitolo sulla tipologia dei ghiacciai espone le classificazioni formali (secondo il condizionamento da parte del rilievo o la curva ipsografica), quelle secondo il modo di alimentazione, una classificazione a base d'ordinamento numerico preparata da una Commissione dell'Unesco nel 1970 per l'uso

space given to certain subjects of little interest to geophysicists, e.g. glacier typology and glacial oscillations, rather than to others such as the mechanics of movement and thermal properties (which are not, however, omitted by Wilhelm).
In spite of its classical geographic type approach, this treatise does present one novelty, i.e. the ample space given over to the study of snow, which received relatively little attention up to a few decades ago. Numerous data are now available from recent systematic researches. The study of snow is important not only as an introduction to that on glaciers but is also of great scientific interest in its own right as well as in connection with human activities (water exploitation, winter sports, obstacles to communications, etc.). Between a third and a quarter of the book is thus devoted to snow, of which numerous aspects are treated: snow precipitations, structure of the snow layer, its thermal and mechanical properties, surface forms of the snow covering and its dissipation, avalanches, the snow-line, extension of the snow covering, the influence of the snow on the natural and man-made landscape.
The treatment of glaciers begins with the origin, structure and texture of the ice of which they are composed and goes on to a definition that is worth reporting: glaciers are masses of granular snow and ice deriving from snow masses and containing gaseous occlusions, organic matter and rocky material and are masses that flow from their area of accumulation to that of dissipation. Thirty or so pages then deal with movement, and ten with thermal properties. An examination of the mass balance is logically followed by that of glacial oscillations (also the Quaternary glaciations and those of earlier geological periods are treated), the causes of which are discussed. A chapter on glacier typology sets out the formal classifications (according to conditioning by the relief or ipsographic curve), those according to feed type, a classification based or numerical ordering prepared by a Unesco Commission in 1970 for use in electronic

negli elaborati elettronici, e infine una classificazione termica.

Una trentina di pagine illustrano l'estensione e la distribuzione dei ghiacciai nel mondo. L'autore stima l'area totale dei ghiacciai odierni in circa 16,3 milioni di kmq, ma vi comprende il Tavolato di ghiaccio antartico (*Shelf-ice*, *Eisschelf*), cosa ben diversa dai veri ghiacciai, la cui estensione andrà ridotta a 14.932.000 kmq in base ai suoi stessi dati. Questo valore sarà piuttosto da ridurre che da aumentare, visto tra l'altro il ritiro generale dei ghiacciai da molti decenni, ritiro che non si ha modo tuttavia di valutare con molta approssimazione, per incertezza o mancanza di dati analitici (i dati riferiti nel testo per singoli ghiacciai sono il più spesso un po' invecchiati; è poi errata l'area attribuita al maggior ghiacciaio italiano, il Gh. dei Forni, 22 kmq, mentre non arriva neppure a 13).

L'ultimo capitolo richiama l'opera dei ghiacciai come agenti modellatori del terreno e come fattori dell'idrografia; infine fa cenno di certe influenze dei ghiacciai su fatti d'ordine economico.

La copiosa bibliografia (che occupa una quarantina di pagine) fa diretto riferimento ai singoli argomenti esposti nel testo. Vi troviamo pure indicati alcuni scritti italiani riassuntivi (Somigliana, Capello, Morandini), ma qualche altro contributo più sostanzioso meritava menzione. Chiude il volume un indice analitico di circa 2000 voci. Abbondante e chiaro l'apparato illustrativo: cartine, diagrammi e fotografie, quest'ultime a volte troppo piccole.

computers, and lastly a thermal classification.

A thirty page section deals with the extension and distribution of glaciers in the world. The author estimates the total area covered by existing glaciers to be about 16.3 million sq. km, including however, the antarctic shelf-ice. The latter is quite different to true glaciers, whose area is thus reduced to 14,932,000 sq. km. on the basis of the same data. This tends to be an overestimation in view of the general withdrawal of glaciers over a number of decades, the extent of which is, however, not easy to assess accurately owing to the unreliability or absence of analytical data (the data given in the text for individual glaciers are mostly a little out of date; moreover, the area of 22 sq. km. attributed to the largest Italian glacier, i.e. the Forni Glacier, is incorrect as it is less than 13).

The last chapter deals with glaciers as land-shaping agents and hydrographic factors. Some mention is then made of the influence of glaciers from the economic standpoint.

The extensive bibliography (about forty pages) makes direct reference to the single subjects dealt with in the text. Reference is also made to a few Italian summaries (Somigliana, Capello, Morandini), although some mention ought also to have been made of more significant contributions. At the end there is an analytical index containing about 2000 references. The illustrations are abundant and clear, consisting of maps, diagrams and photographs, although the latter are often too small.

ALDO SESTINI

GINSBURG, R. N. (ed.)

Tidal Deposits

A Casebook of Recent Examples and Fossil Counterparts
Springer-Verlag, Berlin, 1975
XIII+428 pp., figs. and tables, DM 85,—

Il testo si occupa della sedimentologia dei depositi di marea: le ricerche in questo settore hanno avuto un forte impulso negli ultimi decenni, infatti il 90% dei relativi lavori è successivo al 1945. Servendosi della legge di Walther, delle curve di analisi delle dimensioni dei granuli sedimentati e di tutti gli altri criteri diagnostici utilizzabili, vengono studiati in grande dettaglio ambienti sedimentari propri delle lagune, baie, estuari, delta, e simili. A causa dell'enorme quantità di dati e per il metodo descrittivo di tipo prevalentemente classificatorio con cui vengono trattati, esiste il rischio di disperdersi in una congerie di particolari poco significativi in quanto non vengono utilizzati criteri di generalizzazione validi dal punto di vista della spiegazione scientifica.
Ad una situazione del genere si è cercato di ovviare con la soluzione più semplice: si è cercato cioè di fornire una raccolta selezionata e bene organizzata di esempi rappresentativi di tidaliti, in modo da offrire una introduzione la più valida possibile per studenti e non specialisti che volessero occuparsi della materia. A questo scopo risponde molto bene il libro a cura di Ginsburg, che può essere utile non solo al geologo, ma anche a chi si occupa di biologia marina, di ecologia di particolari regioni costiere e di problemi concernenti l'evoluzione dei vari organismi che vi si trovano.
Questo manuale risulta quindi un vero e proprio atlante di esempi, elencati in 45 articoli scritti in base a criteri formali ed espositivi scaturiti da un intenso lavoro organizzativo. Tali contributi sono suddivisi in sei sezioni in base alla litologia, all'età e le facies dei sedimenti considerati; in particolare vengono sviluppati esempi di sedimentazione di siliciclastiti e di carbonatiti recenti e antiche, ciascuna delle sezioni

This book is on the sedimentology of tidal deposits. Research in this sector has expanded considerably over the past few decades, and 90% of the work has been done since 1945. Using Walther's law, analysis curves of the dimensions of deposited granules and of all the other available diagnostic criteria, a detailed survey is made of sedimentary environments typical of lagoons, bays, estuaries, deltas, etc. In view of the huge quantity of data and the mainly classificatory type descriptive method used there is the danger of getting snared in a welter of insignifican tdetail as generalisation criteria that are valid from the point of view of scientific explanation are not used.
An attempt is made to solve this problem in the simplest way possible, i.e. by providing a selected and well-organised collection of tidalites so as to offer the most valid possible introduction to students and non-specialists interested in the subject. This book serves the purpose very well. It will be useful not only to the geologist but also to those interested in marine biology, the ecology of particular coastal regions and problems involving the evolution of the various organisms found there.
This handbook is thus an actual atlas of examples, contained in 45 articles written on the basis of formal and explanatory criteria deriving from an intense organisational effort. These contributions are subdivided into six sections according to the lithology, the age and the facies of the sediments examined. In particular, further examples are given of the sedimentation of recent and ancient siliciclastites and carbonatites, each section being preceded by a very useful summary. Facies subdivision is based on an evaluation of lithological,

essendo preceduta da un sommario molto utile. La suddivisione in facies avviene in base alla valutazione delle differenze litologiche, petrografiche, sedimentologiche e faunistiche; tali differenze, nei depositi di marea, sono in gran parte influenzate dalle condizioni climatiche e idrografiche esistenti nell'area considerata. Sono perciò da tenere in debito conto la temperatura, la piovosità, i venti, la salinità delle acque, il ritmo e l'ampiezza delle fluttuazioni di marea nonché l'idrodinamica del moto ondoso. Nel libro in esame questi fattori vengono esaminati, in modo a volte sommario, nel caso dei depositi recenti, mentre per il caso dei depositi antichi non si può non avere che uno sporadico, parziale e assolutamente qualitativo riferimento ad essi, data la mancanza di un qualsiasi modello fisico-matematico cui riferirsi. L'utilità dell'applicazione di tali modelli nel campo della paleoclimatologia è dimostrata, tanto per fare un esempio, dal successo delle ricerche organizzata dal noto 'CLIMAP project' facente capo al Lamont-Doherty Observatory, ricerche che hanno permesso di dedurre, tra l'altro, le condizioni climatiche esistenti sulla superficie della Terra circa 18.000 anni fa.

Il libro comunque raggiunge un pregevole risultato di chiarezza e completezza sullo 'state of the art' della ricerca in questo settore; inoltre, nei proponimenti dei realizzatori del volume è presente l'apprezzabile desiderio di indicare i limiti di tali ricerche, i campi di indagine da sviluppare e nuovi metodi da privilegiare: si tratta quindi di un'opera non solo utile, ma anche stimolante.

Le ricerche sui depositi di marea iniziarono intorno al 1920, per merito di Rudolf Richter, sulle coste tedesche del Mare del Nord, e da quest'area si diffusero poi in Olanda, Inghilterra, Francia ed altre regioni come la Baia di Fundy, la Columbia Britannica, la Baia di S. Francisco, il Golfo della California, la Georgia e le coste del Massachusetts. Per quanto riguarda la sedimentazione carbonatica, questa è stata particolarmente ben studiata nel Banco delle Bahama, nel Golfo Persico e nella Baia di

petrographical, sedimentological and fauna differences. In tidal deposits, these differences are mainly affected by the climatic and hydrographic conditions existing in the area considered. Account must thus be taken of temperature, rainfall, winds, water salinity, the frequency and amplitude of tidal fluctuations as well as wave hydrodynamics. In this book these factors are examined rather summarily in some cases of recent deposits, whereas in the case of ancient deposits, only a sporadic, partial and absolutely qualitative reference can be made owing to the lack of any physico-mathematical model to refer to. The usefulness of the application of these models to the field of paleoclimatology is demonstrated, for instance, by the success of research organised by the 'CLIMAP project' run by the Lamont-Doherty Observatory which, among other things, has made it possible to deduce the climatic conditions existing on the Earth's surface about 18,000 years ago.

The book achieves the praiseworthy result of clarification and completeness as regards the « state of the art » on research in this sector. Moreover, it is the intention of the authors to indicate the limits of this research, the fields of inquiry to be developed and the new methods to be given priority. It is thus not only a useful book but also a stimulating one.

Work on tidal deposits began around 1920 thanks to Rudolf Richter on the North Sea coasts of Germany. From here it spread to Holland, England, France and other areas like the Bay of Fundy, British Columbia, the Bay of San Francisco, the Gulf of California, Georgia and the coast of Massachusetts. Carbonate sedimentation was studied particualarly well in the Bahamas Shoal, the Persian Gulf and Shark Bay in Australia. The contributions of 52 specialists comprising the volume have thus taken account of the classical models of the North Sea deposits for the siliciclastites and Andros Island in the Bahamas Shoal for the carbonatites. The Andros Island tidal deposits are dealt with in the

Shark in Australia. I contributi che compaiono nel testo, dovuti a 52 specialisti, hanno quindi presenti i classici modelli costituiti dai depositi del Mar del Nord, per le siliciclastiti, e dell'Isola di Andros nel Banco delle Bahama, per le carbonatiti. I depositi tidali della Isola di Andros sono trattati nel lavoro del 1969 di Shinn et al. *Anatomy of a modern carbonate tidal-flat, Andros Island, Bahamas*, e sono tenuti ben presenti in molti degli articoli che il libro dedica alle carbonatiti antiche. È, ad esempio, interessante il riferimento che se ne fa nell'articolo sul Cambriano del Gran Canyon in Arizona, dove viene esposta una interpretazione del tutto nuova di questa formazione, ed in quello sul Calcare Massiccio dell'Appennino centrale, che risulta una sintesi chiara ed interessante (è qui da rilevare l'errore nella figura 39-1).

Per quanto riguarda i limiti delle ricerche nel settore, è da dire, come viene opportunamente rilevato nel libro, che i modelli olocenici usati come riferimento standard, sono insufficienti per chi voglia tener conto esaurientemente delle facies campione, del potenziale di conservazione, dell'idrografia e del clima. Inoltre le poche zone ben studiate, non possono essere considerate sufficienti per interpretare tutti i casi che si presentano lungo una storia sedimentaria di 3200 milioni di anni. Sono perciò necessarie ulteriori ricerche per definire la natura della variabilità dei sedimenti in condizioni di differenti regimi climatici; ed è ancora da indagare la natura dei processi di deposizione lungo piani di marea su coste aperte, il che servirebbe a comprendere meglio i fenomeni deposizionali passati. Un'altro limite è costituito dal fatto che la maggior parte dei sedimenti studiati (e delle loro lito e biofacies) si riferiscono alla zona intertidale, mancando quasi del tutto esempi riferentisi alla zona superiore ed a quella inferiore.

Si deve anche rilevare il grande interesse che merita lo studio della sedimentazione tidale, non soltanto per quanto riguarda vari problemi collegati alla conoscenza degli ambienti litorali e quindi ad un migliore assetto di

1969 paper by Shinn et al. *Anatomy of a modern carbonate tidal-flat, Andros Island, Bahamas*, and taken into consideration in many of the articles in the book on ancient carbonatites. For instance, there is the interesting reference to it in the article on the Cambrian in the Grand Canyon in Arizona, where a completely new interpretation of this formation is presented, and in the one on the Massive Limestone of the central Apennines, which consists of a clear and interesting synthesis (there is an error in figure 39-1).

As for the limits of research in this sector it must be said, as is aptly pointed out in the book that the Holocene models used as reference standards are insufficient for anyone wanting a complete picture of the sample facies, conservation potential, hydrography and climate. Furthermore the few well investigated areas cannot be considered sufficient for an interpretation of all the cases occurring in the course of 3200 million years of sedimentary history. Further work is thus necessary to define the nature of sediment variability under different climate conditions. Still to be investigated, too, is the nature of deposition processes on tidal flats along open coasts, which would allow us to get a better understanding of depositional phenomena of the past.

Another limit consist of the fact that most of the sediments studied (together with their litho- and biofacies) are related to the intertidal zone, and there are practically no examples related to the upper or lower zones.

Mention must also be made of the great interest inherent in the study of tidal sedimentation, not only in connection with the various problems relating to a knowledge of the coastal environment and thus to a better conservation of these territories, but also with the now proven connection between the coastal zones and the continental edges, on the one hand, and the existence of deposits of oil and other minerals on the other. Also noteworthy is the fact that there is practically no interruption be-

questi territori, ma anche per l'ormai provato collegamento che esiste tra le zone costiere e i margini continentali da una parte, e l'esisteza di giacimenti petroliferi e di altri minerali dall'altra. Merita di essere segnalato inoltre che sostanzialmente non esiste soluzione di continuità tra la deposizione sedimentaria delle zone interessate alla marea e i fenomeni sedimentari dei bacini dei margini continentali: fino ad oltre 2000 metri di profondità, infatti, il lavorio delle maree produce ridistribuzione e trasporto di considerevoli volumi di sedimenti. Le implicazioni di questi fenomeni per la comprensione di nuovi aspetti della sedimentazione del flysch, sono già state segnalate (Laird, 1972), ed è ricco di promesse il loro significato geodinamico.
A proposito della quasi totale mancanza di analisi teoriche e di studi sperimentali che possano fornire strumenti interpretativi di tipo nuovo nelle ricerche di cui si tratta, è interessante la conclusione alla quale perviene Klein nell'Epilogo: egli ha ben chiaro che un certo modo di fare ricerca, essenzialmente naturalistico, ha ormai esaurite le sue possibilità e che il livello più alto raggiungibile può bene essere espresso da testi di questo tipo. È interessante però notare che non vi è solo la consapevolezza del limite raggiunto, ma anche una chiara indicazione di metodi e contenuti nuovi, caratterizzati in senso fisico-matematico, per aprire nuovi e più fecondi sbocchi a questa direzione di ricerca.

tween sedimentary deposition in tidal areas and the sedimentary phenomena in the basins along the continental edges. Indeed, down to depths of more than 2000 metres tidal motion produces a redistribution and transport of considerable quantities of sediment. The implications of these phenomena for an understanding of new aspects of flysch sedimentation have already been pointed out (Laird, 1972) and their geodynamic significance seems to hold much promise.
In connection with the almost complete absence of theoretical analyses and experimental studies that could provide a new type of interpretative tool in this kind of research, it is interesting to note the conclusion reached by Klein in his epilogue. He is well aware that a certain way of doing research, i.e. essentially naturalistic, has now had its day, and the highest level that it is possible to reach may well be expressed by texts of this kind. Not only is it interesting to see this awareness of the limits reached but also the clear indication of new methods and contents, which are characterised in a physico-mathematical sense, for the purpose of opening up new and more fruitful outlets for this type of research.

ANTONIO NAZZARO

JEFFREYS, H.

The Earth

Its Origin History and Physical Constitution
Cambridge University Press, London, 1976
XII + 574 pp., figs. and plates, £18.00

Si tratta della sesta edizione di un libro ormai classico, la cui prima edizione apparve nel lontano 1924.
Scritto da Sir Harold Jeffreys, uno dei

This is the sixth edition of a book, by now a classic, which appeared first in the far 1924.
Written by Sir Harold Jeffreys, one of the

massimi scienziati viventi, particolarmente esperto di cosmologia, geofisica, teoria dell'elasticità, sismologia, il libro si presenta come una sintesi, chiara e rigorosa, dei problemi geofisici, connessi con l'origine, la storia e la costituzione fisica della Terra. I vari capitoli trattano delle proprietà meccaniche delle rocce, della teoria delle onde elastiche, dell'osservazione ed interpretazione delle onde sismiche, delle teorie sulla figura della Terra e della Luna e del confronto con i dati dell'osservazione. Particolare attenzione è posta alle differenti tensioni nella Terra; alle nutazioni, maree terrestri e oscillazioni libere; all'attrito di marea; all'età della Terra e all'origine delle strutture della superficie terrestre, per terminare con la discussione di particolari problemi (quali le prescosse e le repliche, i terremoti e le faglie, la permanenza dei continenti, le migrazioni del Polo, le correnti continentali, l'espansione della Terra, l'espansione del fondo del mare e la tettonica delle zolle, i crateri lunari, ecc.). Otto appendici chiariscono, dal punto di vista matematico, alcuni fenomeni fisici.
Un libro prezioso, per la copia degli argomenti trattati e per il rigore dell'esposizione.

greatest living scientists, an expert on cosmology, geophysics, theory of elasticity and seismology, this book presents itself as a clear and strict synthesis of the geophysical problems connected with the origin, history and physical constitution of Earth.
The different chapters are on: mechanical properties of rocks, theory of elastic waves, observations and interpretations of seismic waves, theory on Earth and Moon figure, comparison with observation data. Special attention is devoted to different Earth tensions, e.g. nutations, terrestrial tides and free oscillations; tide friction; earth age and origin of earth surface structures. The volume ends with the discussion of particular problems (such as shakes preceding and following earthquakes; earthquakes and faults; permanence of continents; Pole migrations; continental streams; earth expansion; sea-bed expansion and plate tectonics; moon craters, etc.). Eight appendixes explain some physical problems from a mathematical point of view.
The abundance of the arguments discussed and the strict exposition make of this work a precious book.

PIETRO CALOI

HAUSNER, H. H. and SMITH, W. E. (eds.)

Modern Developments in Powder Metallurgy

Applications and Processes, Vol. 6
P/M Forging and Copper P/M, Vol. 7
Ferrous P/M and Special Materials, Vol. 8
Metal Powder Industries Federation, Princeton, 1974
XIX + 434, X + 626, X + 676 pp., figs., tables and plates, $35.00, $47.50 and $42.50

Lo sviluppo della metallurgia delle polveri è basato sulla possibilità di ottenere grandi serie di pezzi con bassissimo scarto. È questa una tecnologia di seconda generazione, come scrive con felice intuizione K. H.

The growth of powder metallurgy is based on the possibility it offers of obtaining large numbers of pieces with little waste. This is a second generation technology as K. H. Roll writes with happy intuition in

Roll nel primo articolo di questa collezione di 90 articoli, presentati alla 4ª Conferenza Internazionale sulla Metallurgia delle Polveri. La Conferenza si è tenuta a Toronto in Canadà nel Luglio 1973, con grande successo, ed è stata una importante occasione per valutare l'interesse industriale e scientifico per lo sviluppo di processi di questo tipo, che stanno diventando di utilizzazione comune in tutti i paesi industriali.
È questa una tecnologia che costa grande fatica realizzare, ma che prevede pochi sprechi ed è efficiente nell'utilizzazione delle risorse umane e naturali. Il suo sviluppo limitato rispetto alle prospettive iniziali è anche da collegare alla mancanza di conoscenze fondamentali sulle operazioni chiave che la costituiscono: produzione della polvere, compattazione e sinterizzazione.
La grande quantità di articoli presentati a questo Congresso, fondamentale nella storia della metallurgia delle polveri, mostra una notevole liberalizzazione nella pubblicazione dei risultati delle ricerche scientifiche.
Gli argomenti trattati, e che corrispondono ad altrettante sessioni del Congresso, riguardano: possibili applicazioni, particolari o generali, come materiale strutturale, nelle automobili, negli elettrodomestici ecc.; la compattazione; la sinterizzazione; la forgiatura; la metallurgia delle polveri a base di rame, ferro, alluminio; materiali per alta temperatura, superleghe, carburi e metalloceramiche.
A parte il gran numero di idee e spunti realizzativi presentati nei diversi articoli, la presentazione di nuove tecniche come la sinterizzazione sotto vuoto, anche in continuo, e la forgiatura a caldo o a freddo, è compiutamente rappresentata in articoli che si interessano non solo degli aspetti scientifici di questi processi, ma anche del lato economico.
Viene quindi presentata una panoramica completa ed aggiornata di questa tecnologia, che ne permette una valutazione approfondita ed offre agli esperti del ramo materiale insostituibile di riferimento.

the first article in this series of 90 articles presented at the 4th International Conference on Powder Metallurgy. The Conference was held at Toronto in Canada in July 1973. It was a great success and provided an important occasion for assessing industrial and scientific interest in developing this kind of process which is beginning to be used in all industrial countries.
This is a technology that is very hard to set up but entails little waste and is efficient in its utilization of human and natural resources. Its relatively small growth compared with its early prospects is also due to the lack of basic knowledge of the key operations comprising it: powder production, compacting and sintering.
The large number of papers read at this Congress, a historic date in powder metallurgy, shows that the publication of the results of scientific research has become much more liberal.
The subjects dealt with, which correspond to an equal number of sessions of the Congress, are as follows: possible applications, both particular and general, e.g. structural materials, automobile engineering, household appliances, etc.; compacting; sintering; forging; powder metallurgy based on copper, iron, aluminium; high temperature materials, superalloys, carbides and cermets.
In addition to the large number of ideas and starting points presented in the various papers, there is also the presentation of new techniques like vacuum sintering (also continuous), and hot or cold forging. These are fully represented in papers dealing not only with the scientific aspects of these processes but also with the economic side.
This is followed by a complete and up-to-date survey of this technology which allows a detailed assessment to be made of it, at the same time providing experts in the field with invaluable reference material.

PIETRO CAVALLOTTI

*** *Magnetic Properties of Coordination and Organometallic Transition Metal Compounds*

Series: Landolt-Börnstein - Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology
New Series, Group II: Atomic and Molecular Physics, Vol. 8, Supplement 1
Springer-Verlag, Berlin, 1976
xxxvi+1164 pp., tables, DM 1100,—

Si tratta del primo di una serie di supplementi alla collezione di dati sulla suscettività magnetica di composti di coordinazione e organometallici di metalli di transizione, che era stata presentata come volume II-2 della Nuova Serie delle Tabelle Landolt-Börnstein. La bibliografia raccolta in questo volume prosegue direttamente quella del precedente e si estende fino alla fine del 1968. Si prevede che i volumi successivi copriranno ciascuno due anni di bibliografia, dato che questa è in continuo aumento, come indica la notevole quantità di dati riportati in questo volume per un periodo di quattro anni, in confronto a quelli del volume precedente che copre gli anni dal 1899 al 1964.
La lista dei composti trattati riproduce quella del volume precedente, e comprende, per comodità di confronto, anche composti che non sono di coordinazione né organometallici. Non sono inclusi i dati magnetici sulle perovskiti, spinelli, granati e altri composti con particolari strutture cristalline, già presentati nel volume III-4 della serie, il cui primo aggiornamento verrà pubblicato nel corso del 1977.
I dati di suscettività rivestono un particolare interesse per la Chimica dei composti di coordinazione, perché permettono di determinare lo stato di ossidazione dell'atomo metallico nei complessi, la simmetria e, per certi aspetti, anche le caratteristiche del legame metallo-ligando. Per questo essi sono generalmente ottenuti in un intervallo di temperature piuttosto limitato (per lo più tra 77 e 300 K) o soltanto a temperatura ambiente. I dati a temperature

This is the first of a series of supplements to the data collection on the magnetic susceptibility of coordination and organometallic compounds of transition metals, already presented as volume II-2 of the New Series of the Landolt-Börnstein Tables. The references listed in this volume are a direct continuation of those of the preceding one and extend as far as the end of 1968. It is anticipated that later volumes will each cover two years of the bibliography as the latter is in continuous expansion. This can be seen from the large amount of data reported in this volume for a four-year period compared with those of the preceding volume covering the years 1899 to 1964.
The list of compounds dealt with repeats that of the preceding volume and, for easy comparison, also includes non-coordination and non-organometallic compounds. It is exclusive of magnetic data on perovskites, spinels, garnets and other compounds with peculiar crystalline structures already presented in volume III-4 of the series, the first supplement to which is to be published in 1977.
Susceptibility data are of special interest in the chemistry of coordination compounds as they make it possible to determine the oxidation state of the metal atom in the complexes, the symmetry, and in a certain sense, also metal-ligand bond characteristics. This is why they are usually obtained over a restricted temperature range (mostly between 77 and 300 K) or only at room temperature. The lower temperature data, often as low as 4.2 K or less, together with those

più basse, spesso fino a 4,2 K o anche al di sotto, come pure quelli sulle anisotropie magnetiche, che posseggono particolare interesse per la fisica, sono stati raccolti ed evidenziati con particolare cura.
Per comodità dell'utilizzatore una estesa introduzione ed un indice molto dettagliato permettono di accedere agevolmente ai dati relativi ai vari composti. Nonostante le notevoli dimensioni del volume, questo risulta pertanto di assai pratica consultazione.

on magnetic anisotropy, of special interest in physics, have been collected and displayed with great care.
For the user's convenience, an extensive introduction and a very detailed index make it easy to find the data referring to the various compounds. It is thus easy to consult in spite of its great bulk.

VINCENZO LORENZELLI

*** *Structure Data of Free Polyatomic Molecules*

Series: Landolt-Börnstein - Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology
New Series, Group II: Atomic and Molecular Physics, Vol. 7
Springer-Verlag, Berlin, 1976
VIII+396 pp., tables, DM 360,—

Non è certamente necessario per il recensore esprimere un giudizio sulla splendida collezione delle classiche tabelle Landolt-Börnstein di dati numerici e funzioni, delle quali l'editore Springer sta curando gli aggiornamenti. Tutto il mondo scientifico è ormai abituato ad utilizzare ed apprezzare questo strumento, che per la cura nella compilazione, nella presentazione e nell'analisi critica dei dati, rimane tuttora uno dei più preziosi nella letteratura scientifica. Il volume esaminato raccoglie i dati sui parametri geometrici (distanze e angoli di legame), accuratamente confrontati e controllati, di molecole poliatomiche libere allo stato fondamentale e negli stati elettronici eccitati (355 inorganiche e 848 organiche), determinati in fase gassosa mediante l'analisi delle costanti rotazionali ottenute per via spettroscopica (ultravioletto, infrarosso, Raman, microonde), o mediante l'analisi delle intensità di diffrazione elettronica.

There is certainly no need for the reviewer to express a judgment on the excellent collection of classical Landolt-Börnstein tables of numerical data and functions, now being updated by Springer. The entire scientific world is now accustomed to using and appreciating this tool whose careful compilation, presentation and critical data analysis still make it one of the most precious in scientific literature.
The volume reviewed includes data on geometric parameters (bond distances and angles), carefully compared and checked, of free polyatomic molecules in the fundamental state and in excited electron states (355 inorganic and 848 organic), determined in the gaseous phase by means of spectroscopic rotational constant analysis (ultraviolet, infrared, Raman, micro-waves), or by means of electron diffraction intensity analysis.
The data are presented separately for each molecule, accompanied by a drawing of its

I dati sono presentati separatamente per ogni molecola, con uno schema della strtutura di questa e i riferimenti alla bibliografia originale pubblicata tra il 1960 e il giugno 1974.
Alla fine del volume, un sintetico indice per soggetti permette di accedere ad altre compilazioni di dati e riviste specializzate per ulteriori informazioni strutturali sulle molecole libere.

structure and references to the original bibliography published between 1960 and June 1974.
At the end of the volume there is a synthetic subject index referring to other data collections and specialised reviews for further structural information on free molecules.

VINCENZO LORENZELLI

SMITH, R.A. (ed.)

Very High Resolution Spectroscopy

Academic Press, London, 1976
XVI+276, figs. and tables, £9.80

Sono stati raccolti in questo volume dodici contributi presentati al 'Rank Prize Funds' Symposium' sull'argomento « Spettroscopia ad altissima risoluzione », allo scopo di renderli accessibili a un pubblico più vasto di quello, necessariamente limitato, ammesso al Simposio.
Malgrado l'impossibilità pratica di riportare integralmente la discussione seguita ad ogni relazione e la discussione generale, l'editore del volume ha curato tuttavia una interessante sintesi critica anche dei principali contributi scaturiti dalle discussioni stesse.
Gli argomenti del Simposio hanno confermato non solo gli impressionanti sviluppi delle tecniche sperimentali, in particolare laser e a impulsi, ma quelli delle loro applicazioni e implicazioni per la fisica, la chimica, la biologia, l'astronomia.
Il prof. Jacquinot ha presentato una splendida rassegna dei nuovi metodi per ottenere l'altissima risoluzione, illustrandola con esempi presi dalla struttura iperfine dei livelli atomici.
Il prof. S. D. Smith ha descritto il metodo spin-flip, applicandolo a vari casi pratici.

This volume collects twelve papers delivered at the 'Rank Prize Funds' Symposium on the subject of « Very High Resolution Spectroscopy » so as to make them available to a wider public than the restricted one admitted to the Symposium. Despite the practical impossibility of giving a full report of the discussion following each paper and the general discussion, the editor has provided an interesting critical synthesis also of the main contributions arising out of the discussions themselves.
The subjects dealt with at the Symposium are confirmation not only of the astonishing developments in experimental techniques, especially using lasers and impulses, but those in their applications to and implications for, physics, chemistry, biology and astronomy. Prof. Jacquinot presents an excellent survey of the new methods of obtaining very high resolution, illustrating it by means of examples taken from the hyperfine structure of atomic levels.
Prof. S. D. Smith describes the spin-flip method, applying it to various practical cases.
Dr. E. R. Plike deals with photon correla-

Il dott. E. R. Plike ha trattato la spettroscopia di correlazione fotonica, con alcune suggestive applicazioni ai problemi applicativi, quali la diffusione termica nei liquidi, la sfera di idratazione degli ioni in soluzione e le vacanze nelle strutture solide.
Il dott. A. Mooradian ha fornito vari esempi sulle ampie gamme di lunghezze d'onda ottenibili con le nuove tecniche laser, e suggerito possibili sorgenti a frequenza fissa ed alta energia che potrebbero avere considerevole importanza nella ricerca fotochimica.
Il prof. D. J. Bradley e il prof. W. Kaiser hanno svolto un eccellente rendiconto sugli studi mediante impulsi ultra-brevi con vari tipi di laser, e suggeriscono usi che spaziano da prospettive avveniristiche, come la possibile previsione dei terremoti, ad applicazioni più correnti nello studio delle vibrazioni molecolari e di altri aspetti della dinamica molecolare.
Il dott. R. G. Brewer ha descritto il metodo di Stark e alcune sue possibili applicazioni, compresi gli studi di rilassamento dell'energia molecolare; e il prof. S. E. Harris le tecniche ottiche non lineari e in particolare la possibilità di utilizzarle per produrre sorgenti ultraviolette sotto vuoto.
Seguono gli interventi conclusivi dei professori Sir H. Thompson, D. J. Bradley e Britton Chance sulle prospettive future nel campo in questione, e alcune sintetiche considerazioni finali del dott. F. E. Jones. Ne risulta un panorama aggiornato dei più suggestivi sviluppi di una tecnica tuttora in evoluzione, il quale, data l'autorevolezza degli autori e la relativa snellezza del testo, si può rivelare, a nostro avviso, prezioso allo specialista che desideri una sintesi dello stato attuale della ricerca in questo campo.

tion spectroscopy with a few stimulating applications to practical problems, e.g. thermal diffusion in liquids, the hydration sphere of ions in solution and vacancies in solid structures.
Dr. A. Mooradian gives various examples to the wide range of wavelengths obtainable using new laser techniques and suggests possible fixed-frequency, high-energy sources that could be of considerable importance in photochemical research.
Prof. D. J. Bradley and Prof. W. Kaiser give an excellent report on studies using ultra-short impulses with various types of lasers and suggest uses ranging from futuristic possibilities such as earthquake forecasting to more current applications in the study of molecular vibrations and other aspects of molecular dynamics.
Dr. R. G. Brewer describes Stark's method and several of its possible applications, including studies of molecular energy relaxations. Prof. S. E. Harris deals with nonlinear optical techniques and, in particular, with the possibility of using them to produce ultra-violet sources under vacuum.
These are followed by the concluding papers by Profs. Sir H. Thompson, D. J. Bradley and Britton Chance on future prospects in this field and a few concise final remarks by Dr F. E. Jones. The result is an uptodate picture of the most interesting developments of a still developing technique which, in view of the authoritativeness of the authors and the relative slimness of the volume, I think will be of precious use to the specialist seeking a synthesis of the present state of research in this field.

VINCENZO LORENZELLI

COLOMBO, G.

La scienza infelice

Il museo di antropologia criminale
di Cesare Lombroso
Casa Editrice Boringhieri, Torino, 1975
212 pp., L. 12.000

Uno degli ultimi contributi allo studio dell'opera di Cesare Lombroso è il libro di Giorgio Colombo *La scienza infelice*, che si inquadra nel recente fermento di studi su questa figura fondamentale del nostro positivismo, il cui insegnamento, benché tanta fama abbia rivestito negli ultimi decenni del secolo scorso e i primi di questo e tanta parte abbia avuto nello sviluppo successivo della nostra legislazione penale, sembrava condannato ormai al silenzio della cultura, come un discorso ormai chiuso, superato dal tempo e dalla storia.
Ma anche oggi, in questo riscoperto interesse, la critica si è spesso adagiata sulle note convenzionali di una polemica distruttiva; significativo al riguardo è l'atteggiamento, ad esempio, di un editore (è il caso dell'editore Napoleone), che procedendo nel 1971 alla riedizione de *L'Uomo delinquente*, sentiva la necessità di far precedere l'opera da una breve premessa, nella quale si giustificava della sua scelta, cercando così di mettersi al riparo da assurde critiche di carattere ideologico.
È certo che nella maggior parte dei casi lo studioso che si accinge al riesame delle teorie lombrosiane si lascia influenzare da preconcetti che, in quanto tali, non possono che infirmare i risultati della ricerca; raramente si è disposti a riconoscere oltre alle manchevolezze, agli errori di impostazione, allo scarso rigore scientifico del procedimento metodologico, anche gli aspetti positivi di questa teoria che, per la prima volta, sostituisce allo studio del delitto lo studio del delinquente, nel tentativo di considerare il delitto nel suo concreto carattere soggettivo, in riferimento alla coscienza di colui che l'ha compiuto; nell'esame, poi, si prescinde

One of the lastest contributions to the study of Cesare Lombroso's work is the book by Giorgio Colombo *La scienza infelice* which can be situated in the context of the recent revival of studies on this fundamental figure of Italian positivism. The teaching of the latter, although receiving much attention during the last few decades of last century and the early years of this century, and in spite of the important part it played in the later development of Italian penal legislation, seemed to have been condemned to the silence of culture like a speech now concluded, bypassed by time and history.
But also in today's revival of interest, the critics have often fallen back on the conventional notes of a destructive controversy. It is interesting to observe the attitude of a publisher (Napoleone) in this connection; in his 1971 reprint of the *L'Uomo delinquente*, the latter felt the need to include a short preface in which he justified his choice, in the attempt to protect himself from any absurd criticism of an ideological nature.
It is certain that in most cases the worker setting out to re-assess Lombroso's theories is influenced by preconceived ideas which, as such, can only detract from the research results. One is rarely disposed to acknowledge, in addition to the deficiencies, the errors of approach, and the relatively unscientific methodological procedure, also the positive aspects of the theory which, for the first time, replaced a study of the crime with the study of the criminal, in an attempt to view crime in its concrete subjective nature in relation to the conscience of the person committing it. In this reappraisal, one often ignores the cases and motives that led Lombroso off in a certain direc-

spesso da quelle istanze e motivazioni che spinsero Lombroso in una determinata direzione, condizione questa essenziale, direi, per comprendere il 'fenomeno Lombroso' e vederlo nella sua giusta luce, per non lasciarsene sfuggire il valore intrinseco.
Illuminante, a mio parere, quindi, questo volume, in cui l'Autore con rigore storiografico e scientifico analizza sapientemente l'opera di Lombroso; di notevole interesse soprattutto la prefazione di Ferruccio Giacanelli, per una comprensione globale della ricerca lombrosiana inquadrata storicamente all'interno di tutta la nostra cultura post-risorgimentale. Non si può infatti ignorare la collocazione ideologica di Lombroso, i valori su cui si fonda e le scelte politiche con le quali si esprimerà pubblicamente. La scienza criminologica si porrà subito (almeno nelle intenzioni del suo fondatore) come elemento di mediazione e risoluzione dei conflitti sociali. Essa doveva costituire la panacea universale contro l'inasprirsi dei conflitti di classe e il conseguente aumento della criminalità politica, rifondando dalle basi la civile convivenza, estirpando, dove possibile, le cause della degenerazione, curando altrimenti e sostituendo ad un regime carcerario repressivo, un sistema più umanitario di prevenzione sociale; doveva al contempo combattere l'ipocrisia dei benpensanti e la cecità della classe politico-economica al potere, vale a dire l'alta borghesia fondiaria.
È la stessa battaglia umanitaria che già da anni vedeva il Lombroso protagonista nella lotta contro quella piaga sociale che maggiormente mieteva vittime tra la popolazione più misera, la pellagra; a lui si debbono infatti i primi esperimenti di laboratorio degni di un certo interesse, a lui l'aver individuato nella povertà dell'alimentazione esclusivamente a base di mais, una delle possibili cause del male e, sebbene le posteriori ricerche scientifiche e i più avanzati sistemi di cura (è solo nel 1911 che Funk individuerà il fattore vitaminico B_2) annulleranno le sue pluridecennali ricerche, pure non si può dimenticare che fu il primo a lottare contro « l'indifferenza

tion and this is, I would say, an essential condition for any understanding of the 'Lombroso phenomenon' and seeing it in its correct light and to avoid its intrinsic value escaping us.
This volume, in which the author skilfully analyses Lombroso's work with historiographic and scientific rigour, in is my opinion very illuminating. Of special interest is Ferruccio Giacanelli's preface for an overall understanding of Lombroso's research, historically set in the context of the whole of Italian post-Risorgimento culture. Indeed, Lombroso's ideological position, the values on which it was based and the political choices with which he expressed himself publicly cannot be overlooked. The science of criminology was (at least in its inventor's intentions) to be an element of mediation and resolution in social conflicts. It was to be the universal cure-all for growing class conflicts and the consequent increase in political criminality, renewing the very bases of society, rooting out wherever possible the causes of degeneration, treating in other ways and substituting for a repressive prison system a more humane method of social prevention. At the same time, it was to combat the hypocrisy of 'right-minded' people and the short-sightedness of the ruling politico-economic class, i.e. the land-owing upper classes.
It is the same humanitarian battle in which for years Lombroso had been the central figure in the campaign against that social affliction that reaped most of its victims among the poorer classes, i.e. pellagra. Credit goes to him for the first laboratory experiments of any importance, and for having discovered that undernourishment due to eating food based solely on corn was one of the possible causes of the disease and, although later scientific research and more advanced treatment methods (only in 1911 did Funk discover vitamin B_2) were to cancel out his decade-long researches, and yet it must be remembered that he was the first to react against «governmental indifference... and the self-centred complicity of landowners », the first to suggest re-

governativa... e l'interessata complicità dei proprietari », il primo a suggerire dei rimedi, delle cure che, in qualche modo, riuscirono talvolta ad arginare l'"epidemia'.
Così, se la sua scienza criminologica fu esuberante, caotica, approssimativa, basata su un naturalismo spesso riduzionistico, « quello lombrosiano — afferma giustamente Giacanelli — è un materialismo che tutto sommato induce all'umiltà di fronte alle grandi pretese idealistiche e riporta l'uomo ai suoi bisogni terrestri, alla conquista della natura attraverso il lavoro, alla lotta per la sopravvivenza e il progresso — un uomo minacciato con la malattia e la degenerazione dalle stesse sue conquiste se esse sono una società e una civiltà ingiuste (irrazionali) o disumane ».
Pertanto, per una disamina imparziale di tutta l'opera globalmente intesa di Lombroso, è necessario prescindere dalle strumentalizzazioni successive che ebbero il suo pensiero e determinate sue formulazioni, solo in parte accettate, in seguito, e con diverso spirito, in quanto funzionali al consolidamento della struttura che il nuovo stato intendeva darsi in un'Italia che si avviava a percorrere il XX secolo con tutte le velleità di grande potenza europea. Possiamo quindi, ancora una volta, essere concordi con Giacanelli nell'affermare che, con la morte di Lombroso, si può considerare conclusa, con la sua ricerca, tutta una vicenda storica, in quanto nelle elaborazioni successive che per circa un ventennio si succederanno intorno al suo pensiero, si è ben lontani dagli ideali del suo, se non geniale, certamente sensibile e illuminato teorizzatore. Le sue minuziose indagini sul pazzo, sul criminale, sulla prostituta, lasceranno il posto a più compiute teorizzazioni e formulazioni scientifiche che, prive però di quella sua spinta umanitaria, porteranno alla emarginazione definitiva di quella « infelicissima razza » che, racchiusa ormai nelle rigide strutture istituzionali, « non farà più sentire la sua voce ad una società borghese che ha finalmente raggiunto, grazie ai propri intellettuali, l'illusoria sicurezza della propria identità ».

medies and treatments that, somehow or other, occasionally managed to stem the tide of the 'epidemic'.
Thus, although his criminology was over-enthusiastic, rough-and-ready, and based on a materialism that was often reductionistic, « Lombroso's materialism, as Giacanelli rightly points out, basically induces one to be humble before the great idealistic claims and leads man back to his earthly needs, to the conquest of nature through work, to the struggle for survival and progress — a man threatened with illness and degeneration by his very conquests if they are an unjust (irrational) or inhuman society and civilisation ».
Therefore, an important survey of Lombroso's work in the global sense of the term calls for it to be distinguished from the later misrepresentations of his thinking and certain of his statements, only partially accepted later and in a different spirit, insofar as they were functional to the consolidation of the structure that the new state intended to give itself in an Italy about to begin the 20th century with all the illusions of being a great European power. Once again we can agree with Giacanelli when he says that, after Lombroso's death, a historical event can be considered to have come to an end with his research in that, the various later elaborations of this thinking that followed for about twenty years, had very little to do with the ideals of its, if not brilliant, at least sensitive and enlightened theorist. His painstaking surveys of the madman, the criminal and the prostitute were later replaced by more complete theories and scientific formulations which, as they lacked the vigour of his humaneness, were to lead to the final exclusion of that « most unhappy race » which were imprisoned in rigid institutional structures and could « no longer be heard by a bourgeois society that, thanks to its own intellectuals, had now reached the illusory certainty of its own identity ».

MARCELLO TRICARICO

RIVISTA AERONAUTICA

Periodico bimestrale
dell'Aeronautica Militare fondato nel 1925

La Rivista Aeronautica è organo di diffusione del pensiero in campo aeronautico; costituisce palestra di studio e di dibattito su problemi di interesse dell'Aeronautica Militare e su temi aeronautici di attualità ed è strumento per la formazione culturale e l'aggiornamento tecnico-professionale del personale.

La Rivista Aeronautica non è venduta in edicola; la cessione a pagamento ai richiedenti avviene con decorrenza 1° gennaio. Le richieste pervenute in ritardo saranno soddisfatte nei limiti delle disponibilità di fascicoli arretrati.

CESSIONE A PAGAMENTO ANNO 1977

Un numero		Sei numeri	
ITALIA	ESTERO	ITALIA	ESTERO
650	3.300	3.500	7.000

Gli eventuali "supplementi" non sono compresi nei prezzi di cessione a pagamento indicati.

I versamenti debbono essere effettuati sul c/c postale n. 1/68822 intestato a:

STATO MAGGIORE AERONAUTICA - V REPARTO
Viale dell'Università, 4 - 00185 ROMA

N'est-il pas étrange que les habitants de notre planète aient presque tous vécu jusqu'ici sans savoir où ils sont et sans se douter des merveilles de l'Univers?
C. Flammarion.

L'ASTRONOMIE

ET BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ ASTRONOMIQUE DE FRANCE

revue mensuelle publiée par la
SOCIÉTÉ ASTRONOMIQUE DE FRANCE

Fondée en 1887 par Camille FLAMMARION
Reconnue d'Utilité publique en 1897

3, Rue Beethoven, 75016 PARIS

La Société Astronomique de France a pour but de réunir entre elles les personnes qui s'occupent pratiquement ou théoriquement d'Astronomie, ou qui s'intéressent à son développement et à l'éxtension de son influence.

Sociétaires
Droit d'entrée: 26 F
Cotisations 1977, France: 13 F (juniors), 39 F et 65 F — Autres pays: 52 F
Abonnements annuels à *l'Astronomie*
France: 65 F — Autres pays: 91 F

Non-sociétaires
Abonnements annuels à *l'Astronomie*
France: 130 F — Autres pays: 156 F

Compte de Chèques Postaux:
Société Astronomique de France, 1733 - PARIS

VISTAS IN ASTRONOMY

An International Review Journal

Editors: ATHUR BEER, *Cambridge* and PETER BEER, *London*

This journal continues the highly successful series which has been so enthusiastically received throughout the world. It contains articles by internationally famous authors, and provides a complete survey of contemporary astronomy and its allied sciences — always emphasising the lines along which research is particularly active at the moment, its new techniques and methods and their interaction with theoretical developments. Each article is designed to be a self-contained unit, and to add a new and significant facet to the whole. Since they combine each author's own researches with his views on the historical roots of his problem, and assess its new developments, these units also provide a systematic survey of unsolved questions and of "vistas" into the future beyond the limits of today.

At the end of each year subscribers will receive free both the annual author and subject indexes as well as a specially designed attractive and durable magazine binder.

1977 Subscription Rate US$56.00
1977/78 Subscription Rate US$106.40
Price includes postage and insurance
4 issues per year

Free specimen copy and a leaflet giving full details of volumes already published available on request.

PERGAMON PRESS
Headington Hill Hall Oxford OX3 OBW
Maxwell House Fairview Park New York 10523 USA

THEORIA

A Swedish journal of philosophy
Edited by Krister Segerberg

Volume 41, part. 1

Robert J. Titiev Sentences, semantics, stimuli and Quine

G. E. Hughes and **M. J. Cresswell** Omnitemporal logic and converging time

Jaakko Hintikka Comment on Professor Bergström Review by **David** and **Stephanie R. Lewis**

THEORIA, which invites contributions in all fields of analytic philosophy, usually publishes three issues a year.

Subscriptions and requests for back numbers should be sent to the publishers, *Mssrs C. W. K. Gleerup, Box 1205, 221 05 Lund 1, Sweden.*

Annual subscription is Skr. 45:- (approximately U.S. $ 10).

Synthese

An International Journal for Epistemology and Philosophy of Science

Editor-In-Chief: Jaakko Hintikka, Academy of Finland and Stanford University.

Associate Editors: Risto Hilpinen, Department of Philosophy, Harvard University, Ilkka Niiniluoto, Institute of Philosophy, Helsinki.
Review Editor: Dagfinn Føllesdal, Institute of Philosophy, University of Oslo.

Editorial Assistant: Esa Saarinen, Institute of Philosophy, Helsinki.

Board of Consulting Editors: David M. Armstrong, Yehoshua Bar-Hillel, Arthur W. Burks, Robert S. Cohen, Donald Davidson, Hans Freudenthal, Ian Hacking, Jerrold J. Katz, G. Nuchelmans, Wesley C. Salmon, Wolfgang Stegmüller, Erik Stenius, Patrick Suppes, Klemens Szaniawski, Ladislav Tondl, H. Törnebohm, Marx W. Wartofsky.

Synthese publishes articles in all the fields covered by the subtitle. These include the theory of knowledge; the general methodological problems of science; the methodological and foundational problems of the different departmental sciences; those aspects of symbolic logic and of the foundations of mathematics which are relevant to the philosophy and methodology of science; and those facets of the history and sociology of science which are important for contemporary topical pursuits.

Subscription price per volume of four issues Dfl. 110,– / US $44.00, plus Dfl. 15,– / US $6.00 for postage and handling. Two volumes will be published yearly. Personal subscription price on request.

D. Reidel Publishing Company

Dordrecht - Holland / Boston - U.S.A.

***ADVANCES IN PHYSICAL ORGANIC CHEMISTRY, VOL. 13
Academic Press, London, 1976
VII+450 pp., tables, £15.60

CONTENTS. - 1. Calculation of Molecular Structure and Energy by Force-Field Methods, by. N. L. ALLINGER. - 2. Protonation and Solvation in Strong Aqueous Acids, by E. M. ARNETT and G. SCORRANO. - 3. Formation, Properties and Reactions of Cation Radicals in Solution, by A. J. BARD, A. LEDWITH and H. J. SHINE. - 4. ^{13}C NMR Spectroscopy in Macromolecular Systems of Biochemical Interst, by S. N. ROSENTHAL and J. H. FENDLER.

AITCHISON, J. and DUNSMORE, I. R. - STATISTICAL PREDICTION ANALYSIS
Cambridge University Press, Cambridge, 1975
XII+274 pp., tables, £8.50

CONTENTS. - I. Predictive distributions. - 2. Decisive prediction. - 3. Informative prediction. - 4. Mean coverage tolerance prediction. - 5. Guaranted coverage tolerance prediction. - 6. Other approaches to prediction. - 7. Sampling inspection. - 8. Regulation and optimisation. - 9. Calibration. - 10. Diagnosis. - 11. Treatment allocation.

*** APPLICATIONS OF ENERGY: NINETEENTH CENTURY
Series: Benchmark Papers on Energy, Vol. 2
Dowden, Hutchinson and Ross, Inc., Stroudsburg, 1976
XII+420 pp., tables, £25.50

CONTENTS. - I. The Pioneer Work of Helmholtz. - II. Contributions of Clausius, Thomson, Rankine, Regnault, and Joule. - III. Energy in Cosmical Physics. - IV. Energy in Electricity and Magnetism. - V. Energy in the Field. - VI. The Science of Energetics. - VII. Progress in Equilibrium Thermodynamics.

ARNON, I. - THE PLANNING AND PROGRAMMING OF AGRICULTURAL RESEARCH
Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, 1975
XII+122 pp., $2.50

CONTENTS. - I. Research planning. 1. Programme formulation. - 2. National science policy and allocation of founds for research. - 3. Allocation of founds for agricultural research. - II. Responsability and procedures for formulation of the agricultural research policy and programme. 1. Policy formulation at the national level. - 2. Policy formulation at the ministerial level. - 3. Policy formulation at the institutional level. - III. Evaluation methods. 1. The problem. - 2. Steps in evaluation. - 3. Techniques for evaluating research projects. - IV. Evaluation graphs. 1. The Planning-Programming-Budgeting System. - 2. The evaluation graph of the Department of Agronomy of INRA. - V. Recapitulation and conclusions. 1. Value of methods for evaluating and selecting research proposals. - 2. Proposed procedure. - VI. The research project. 1. Extablishing the research project. - 2. Importance of the research project. - 3. Disadvantages of the project system. - 4. Reasons for disapproval of projects. - 5. Scheduling.

BACCETTI, B. and AFZELIUS, B. A. - THE BIOLOGY OF THE SPERM CELL
Series: Monographs in Developmental Biology, Vol. 10
S. Karger, Basel, 1976
VI+254 pp., figs. and tables, SFr. 127.—

The monographs is the first extensive treatment of the biology of the sperm cell; it is a treatment of such subjects as the structure of the spermatozoon in relation to its functions and in relation to the phylogeny, the fine-structural appearance of the spermatozoon and of its constituents and their biochemical composition and behaviour, and the changes undergone by the spermatozoa in the fertilization process. The two authors of the book are actively engaged in spermatological research and have organized the first two international symposia in comparative spermatology. The text will be of interest to students of human and veterinary reproduction biology, biochemistry, zoology, and cell biology in general.

BACHELARD, G. - LES INTUITIONS ATOMISTIQUES
Essai de classification
Series: Bibliothèque des Textes Philosophiques
Librairie Philosophique J. Vrin, Paris, 1975
162 pp., No price stated

CONTENTS. - 1. La complexité fondamentale de l'atomistique. - 2. La métaphysique de la poussière. - 3. L'atomisme réaliste. - 4. Les problèmes de la composition des phénomènes. - 5. L'atomisme positiviste. - 6. L'atomisme criticiste. - 7. L'atomisme axiomatique.

BALMER, L. and LEWIS, C. P. - SOLUTIONS DE PROBLÈMES SUR LES ASSERVISSEMENTS LINEAIRES
Series: Collection E. E. A.
Eyrolles Editeur, Paris, 1975
216 pp., tables, Fr. 5,40

La Collection E. E. A. (Électronique, Électrotechnique, Automatique), dirigée par F. Milsant, vient de s'enrichir d'un nouvel ouvrage qui donne les solutions détaillées de nombreux problèmes proposés à différentes Universités anglaises concernant les *Asservissements linéaires*. Ces problèmes sont classés par affinités, ce qui permet de les rattacher, sans difficultés, aux parties correspondantes du Cours contenues dans les deux livres « Analyse » et « Synthèse » rédigées, par F. Milsant, dans cette même Collection. Les problèmes traités portent sur les sujets suivants: fonction de transfert, schémas-blocs, stabilité des systèmes, lieux des racines, diagrammes de Bode et de Black.

BARSANTI, G. (ed.) - JEAN-BAPTISTE LAMARCK
Filosofia zoologica
Series: Pensatori antichi e moderni, Vol. 100
La Nuova Italia, Firenze, 1976
LXXII+200 pp., L. 2.700

CONTENTS. - 1. Introduzione. - I. Considerazioni sulla storia naturale degli animali, sui loro caratteri, le loro affinità, la loro organizzazione, la loro distribuzione, la loro classificazione e le loro specie. 1. Sull'organizzazione dei prodotti naturali. - 2. Importanza della considerazione delle affinità. - 3. Sulla specie tra i corpi viventi e sul significato che dobbiamo attribuire a questo termine. - 4. Generalità sugli animali. - 5. Sullo stato attuale della distribuzione e della classificazione degli animali. - 6. Sulla semplificazione dell'organizzazione osservabile da un'estremità all'altra della serie animale, quando si proceda dal più complesso verso il più semplice. - 7. Le circostanze ambientali influiscono sulle azioni e sulle abitudini degli animali, e mediante quelle modificano la loro organizzazione e i loro organi. - 8. Ordine naturale degli animali, e disposizione che bisogna dare alla loro distribuzione generale per renderla conforme all'ordine naturale stesso.

BECK, K., DISCHLER, W., HELMS, M. and OEHLERT, W. - ENDOSCOPIA E BIOPSIA DELL'INTESTINO
Atlante a colori
Piccin Editore, Padova, 1976
XVI+356 pp., figs., L. 80.000

L'edizione italiana del libro di Beck e collaboratori, coordinata dal Dr. Giancarlo Caletti, viene a colmare una lacuna didattica che fino ad oggi era sopperita dall'insegnamento diretto o dall'esperienza personale: esso non è un semplice atlante ma vuole e riesce ad essere molto di più. Un libro in cui tecnica ed immagini endoscopiche si mescolano armoniosamente a nozioni di fisiopatologia e di clinica. L'opera è completa e si svolge in ordine preciso, partendo dalla descrizione degli strumenti, spiegandone il loro uso, passando poi alle indicazioni delle varie metodiche e illustrando infine i quadri morfologici che si possono incontrare.

BERLINGUER, G. - MALARIA URBANA
Series: Medicina e potere, Vol. 14
Feltrinelli, Milano, 1976
344 pp., tables, L. 4.500

Il libro esamina l'evoluzione della vita urbana sotto l'aspetto della salute: le malattie come segnale di un conflitto sociale, e la lotta per la salute come riappropriazione umana dello spazio e dei rapporti nella città moderna. L'analisi riguarda le differenze sociali della mortalità e della morbosità; le condizioni dei « ghetti urbani » e dei centri storici; la patologia di alcune categorie che sono definite cavie urbane, come gli autoferrotramvieri ed i netturbini; la situazione ospedaliera; gli aspetti sanitari dei piani regolatori; il rapporto fra orari di lavoro, trasporti e riposo; le esperienze di partecipazione democratica nel campo sanitario ed il ruolo degli Enti locali.

CONTENTS. - 1. La mortalità in Roma. - 2. Ospedali e piani regolatori. - 3. Il ghetto in periferia. - 4. Le cavie della città (I). - 5. Le cavie della città (II). - 6. Il centro storico e la campagna. - 7. La fatica e il riposo. - 8. Lavoro, trasporto, 'tempo libero'.

BERNARD-WEIL, E. - L'ARC ET LA CORDE
Un modèle d'antagonismes dialectiques en biologie et sciences humaines
Series: Recherches interdisciplinaires
Maloine S. A. Editeur, Paris, 1975
160 pp., tables, Fr. 72

CONTENTS. - 1. Un modèle d'étude d'antagonismes hormonaux. - 2. Vers le traitement mathématique du modèle. - 3. Le modèle en action.

BERRY, M. - PRINCIPLES OF COSMOLOGY AND GRAVITATION
Cambridge University Press, Cambridge, 1976
x+179 pp., figs., £2.50

CONTENTS. - 1. Introduction. - 2. Cosmography. - 3. Physical basis of general relativity. - 4. Curved spacetime and the physical mathematics of general relativity. - 5. General relativity near massive objects. - 6. Cosmic kinematics. - 7. Cosmic dynamics. - 8. In the beginning.

BOCCALETTI, E. - ANESTESIA E RIANIMAZIONE POSTOPERATORIA
Piccin Editore, Padova, 1976
XII+816 pp., figs. and tables, L. 30.000

Alla completa trattazione dei vari capitoli, all'accurata ricerca bibliografica, l'A. ha aggiunto il contributo di una notevole esperienza personale e di una intelligente critica nella scelta delle indicazioni.

CONTENTS. - 1. Introduzione allo studio dell'anestesiologia. - 2. Cenni storici sull'origine e sullo sviluppo dell'anestesiologia. - 3. Il dolore. - 4. Classificazione dell''anestesia'. - 5. Cenni di chimica e farmacologia dei farmaci di impiego corrente in anestesia e rianimazione. - 6. Preanestesia. - 7. Anestesia generale. - 8. Anestesia generale per inalazione. - 9. La somministrazione degli anestetici per inalazione: apparecchi per anestesia; loro costituzione e funzionamento. - 10. Anestesia generale per via endovenosa. - 11. Anestesia endovenosa con farmaci non barbiturici. - 12. I miorilassanti. - 13. Lo shock. - 14. L'intubazione. - 15. L'ipotensione controllata. - 16. L'ipotermia. - 17. La circolazione extracorporea. - 18. Anestesie particolari. - 19. La rianimazione respiratoria. - 20. La rianimazione cardiocircolatoria. - 21. La rianimazione 'renale'. - 22. Il monitoraggio.

BOYCE, J. K. and EVENSON, R. E. - AGRICULTURAL RESEARCH AND EXTENSION PROGRAMS
Agricultural Development Council, New York, 1975
VII+229 pp., tables, $4.50

CONTENTS. - I. Investment in Agricultural and Extension Activities: A Summary. - II. Investment in Public Sector Research and Extension Institutions. - III. International Aid and National and International Research Programs. - IV. Agricultural Research in the Private Sector. - V. Organization, Commodity Emphasis and Skill Levels in National Research Systems. - VI. Economic Properties of Agricultural Research and Extension.

BRENGUES, J. - LA FILARIOSE DE BANCROFT EN AFRIQUE DE L'OUEST
Series: Mémoires O.R.S.T.O.M., Vol. 79
O.R.S.T.O.M., Bondy, 1975
300 pp., tables, Fr. 75

CONTENTS. - 1. Le parasite chez l'hôte vertébré. - 2. Le parasite chez l'hôte arthropodien, dans les conditions naturelles. - 3. Le parasite chez l'hôte arthropodien, au laboratoire.

BRYGOO, E. R. and MAILLOUX, M. - DIAGNOSTIC DES INFECTIONS DUES AUX SPIROCHÈTES
Series: Techniques de base
Maloine S. A. Editeur, Paris, 1976
234 pp., Fr. 80

Les deux auteurs, après un rappel sur les Spirochètes, traitent le diagnostic de chaque genre, regroupant ainsi les techniques propres à tous les Spirochètes. Des tableaux clairs illustrent ce livre. Cet ouvrage original rassemble pour la première fois les techniques relatives aux Tréponèmes et aux Leptospires. Le lecteur (Enseignant, Biologiste, Technicien...) y trouvera donc tout ce qui concerne les Spirochètes.

BUB, J. - THE INTERPRETATION OF QUANTUM MECHANICS
Series: The University of Western Ontario Series in Philosophy of Science, Vol. 3
D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 1974
x+158 pp., Dfl. 50,—

The book may be used as the basis for a course on logical and philosophical problems in the foundations of quantum mechanics.

CONTENTS. - 1. The Statistical Algorithm of Quantum Mechanics. - 2. The Problem of Completeness. - 3. Von Neumann's Completeness Proof. - 4. Lattice Theory: The Jauch and Piron Proof. - 5. The Imbedding Theorem of Kochen and Specker. - 6. The Bell-Wigner Locality Argument. - 7. Resolution of the Completeness Problem. - 8. The Logic of Events. - 9. Imbeddability and Validity. - 10. The Statistics of Non-Boolean Event Structures. - 11. The Measurement Problem. - 12. The Interpretation of Quantum Mechanics.

BÜNNING, E. - WILHELM PFEFFER
Series: Grossenaturforscher, Vol. 37
Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft MBH, Stuttgart, 1975
166 pp., figs. and tables, DM 27,50

CONTENTS. - 1. Einleitung und Lebensdaten. - 2. Grundeinstellung zur Naturwissenschaft. - 3. Pharmazie. Chemie. Botanik. Physiologie. Zellbiologie. Molekularbiologie. - 4. Mimosen, Staubfäden, Osmometer, Plasmahaut. - 5. Die Plasmahaut, 'Pförtner im Dienste des Protoplasten'. - 6. Der Einzeller kann grundsätzlich schon alles. Für den genetischen Code genügen wenige Buchstaben. - 7. Sensibilitäten der Einzeller. - 8. Auslösung im Organismus. - 9. Regulation und Rückkopplung im Organismus. - 10. Auslösung, Regulation, Rückkopplung in der physiologischen Technik. - 11. Energetik. - 12. Autogene Tages-Jahresrhyth-

mik. - 13. Korrelationen: Studium 'irrelevanter Kleinigkeiten' mit ungeahnten Auswirkungen. - 14. 'Stilmängel'. - 15. Purkinje. J. Müller. Helmholtz. Sachs. Pfeffer. - 16. Ausbreitung der 'Pfeffergewächse' über die ganze Welt. - 17. Woher kam der grosse Geist? Sein Charakter. - 18. Aufgaben im Rahmen der Universität. - 19. Ruhm und Zusammenbruch. - 20. Rückblick. - 21. Schlusswort, gesprochen von Wilhelm Pfeffer vor 80 Jahren Pfeffers Veröffentlichungen. Veröffentlichungen von Mitarbeitern. Weitere Auslandsgäste. Biographische Notizen. Anmerkungen. Personenregister. Sach- und Ortsnamenregister.

CANDIANI, G. B., ROVERSI, G. D. and CANUSSIO, V. (eds.) - MEDICINA PERINATALE
Atti del 2° corso nazionale di aggiornamento, Milano, 20-24 maggio 1974
Piccin Editore, Padova, 1976
XVI+476 pp., figs. and tables, L. 30.000

CONTENTS. - 1. Introduzione al corso. - 2. L'aborto nei diversi paesi. - 3. Il valore dei più recenti metodi di controllo del feto a rischio nella gravidanza avanzata. - 4. I problemi dell'E.P.H. gestosi: fisiopatologia e clinica. - 5. Problemi connessi con l'origine del primo respiro. - 6. Urgenze neonatologiche. - 7. Il controllo della contrazione uterina in travaglio di parto con particolare riferimento all'impiego di farmaci ossitocici, alla amniotomia 'intra-partum' e ai loro effetti sul feto. - 8. L'impiego dei beta-mimetici in gravidanza e in travaglio di parto. - 9. Alcuni aspetti delle malattie congenite e loro implicazioni pratiche. - 10. Attuali possibilità di una terapia fetale intrauterina. - 11. Attuali aspetti terapeutici del diabete mellito in gravidanza. - 12. L'assistenza intensiva al neonato sottopeso. - 13. Come e quando trasferire il neonato a rischio al reparto di assistenza intensiva. - 14. Tecniche ultrasoniche nella valutazione precisa del feto. - 15. Attuali problemi dell'assistenza combinata in travaglio di parto. - 16. Problemi dell'organizzazione della medicina perinatale. - 7. Chiusura del corso.

CAPODAGLIO DI COCCO, R. - GEOMETRIA
Series: Lineamenti Propedeutici di Matematica, Vol. 3
Zanichelli, Bologna, 1976
VIII+104 pp., tables, L. 1.800

La prima parte del testo è dedicata a un esame di quelle nozioni di Geometria che ordinariamente vengono fornite da una scuola media superiore; tali nozioni sono inquadrate storicamente, anche per mostrarne i legami con altre branche del sapere. La seconda parte invece, cerca di presentare, nel modo più semplice possibile, alcuni argomenti di natura più elevata e che possono costituire un'introduzione ad un corso universitario di Matematica. Il lettore troverà poi motivo di riflessione nei numerosi esempi ed esercizi svolti.

CHADWICK-JONES, J. K. (ed.) - SOCIAL EXCHANGE THEORY
Its structure and influence in social psychology
Series: European Monographs in Social Psychology, Vol. 8
Academic Press, London, 1976
x+432 pp., tables, £11.80

This book is intended for those who wish to discover the nature of social exchange theory, to explore its controversial questions and most recent developments. The author reviews all theoretical and empirical work on exchange ideas in social psychology. He covers such topics as the theory's evolution from behaviouristic origins and the relationship between hypotheses of social exchange and notions of equity. The book will be welcomed by students, teachers and researchers in social psychology and will be of interest to sociologists and anthropologists.

*** CHIMICA ORGANICA
Zanichelli, Bologna, 1976
XVI+964 pp., tables, L. 19.800

La redazione collettiva ha permesso di utilizzare a fondo le competenze dei singoli autori, amalgamate da una stesura unificata. Ciò rende il presente testo ben lontano sia da testi di tipo enciclopedico informativo che da testi di tipo monografico. Gli autori hanno scelto di insegnare la chimica organica attraverso le reazioni che vengono oggi effettivamente utilizzate e secondo le linee di sviluppo prevedibili per la ricerca futura. Tutti i capitoli contengono parti opzionali, che trattano gli argomenti in modo più approfondito, e note storiche o di attualità con riferimento a problemi ecologici e di tutela della salute pubblica. Esistono infine numerosi esercizi esplicativi; di molti di essi viene data risposta in appendice. Vi sono poi delle ricapitolazioni dei vari metodi di sintesi via via proposti, con numerosi richiami da un capitolo all'altro. Due interessanti capitoli, in punti differenziati del testo, riguardano il modo di progettare e condurre sintesi, utilizzando le conoscenze fino a quel punto impartite.

CONTENTS. - 1. Introduzione. - 2. La teoria strutturale. - 3. Gli alcali. - 4. Gruppi funzionali contenenti legami semplici. - 5. Spettroscopia di risonanza magnetica nucleare. - 6. Stereochimica. - 7. Alcheni e alchini. - 8. Gruppi funzionali contenenti ossigeno legato con legame multiplo al carbonio: il gruppo carbonilico. - 9. La spettroscopia infrarossa. - 10. Altri gruppi funzionali contenenti eteroatomi legati con legami multipli. - 11. Benzene e aromaticità. - 12. Gli intermedi nelle reazioni chimiche. - 13. Applicazioni alla termodinamica. - 14. Cinetica chimica. - 15. Reazioni degli alcheni e degli alchini. - 16. Sostituzione aromatica. - 17. Reazioni dei composti organici alogenati. - 18. Reazioni degli alcoli, dei fenoli e degli eteri. - 19. Reazioni delle aldeidi e dei chetoni. - 20. Reazioni degli acidi carbossilici e loro derivati. - 21. Reazioni dei composti organici dell'azoto. I. Ammine e composti relativi. - 22. Reazioni dei composti organici dell'azoto. II. Composti contenenti legami azoto-azoto o azoto-ossigeno. - 23. Reazioni degli alcani e dei cicloalcani. - 24. Introduzione alla teoria e alla pratica della sintesi organica. - 25. Polimeri sintetici. - 26. Chimica dei composti solforganici. - 27. Carboidrati. - 28. Eterocicli aromatici e prodotti naturali che li contengono. - 29. Amminoacidi, peptidi e proteine. - 30. Terpeni e prodotti naturali collegati. - 31. Spettri ultravioletti e fotochimica. - 32. NMR, spettrometria di massa e identificazione dei composti organici. - 33. Chimica dei composti silico-organici e fosforo-organici. - 34. La filosofia e la pratica della sintesi organica. - 35. Chimica organica industriale. - 36. Una breve storia della chimica organica.

COHEN, A. and NOOTEBOOM, S. G. (eds.). - STRUCTURE AND PROCESS IN SPEECH PERCEPTION
Series: Communication and Cybernetics, Vol. 11
Springer-Verlag, Berlin, 1975
x+353 pp., figs. and tables, DM 48,—

CONTENTS. - 1. Theoretical Issues in Speech Perception Research. - 2. Prosody in Speech Perception. - 3. Some Storage Properties of Speech Perception. - 4. Short-term Context Effects, Dichotic Listening, Speech Perception in the very Young. - 5. General Discussion and Tentative Conclusions.

COLOMBO, G. - LA SCIENZA INFELICE
Il museo di antropologia criminale di Cesare Lombroso
Series: Saggi
Boringhieri, Torino, 1975
212 pp., plates, L. 12.000

CONTENTS. - 1. Alla ricerca di un museo. - 2. Cronologia lombrosiana. - 3. Cesare Lombroso, una vita per la scienza. - 4. L'ambiente del museo. - 5. Per una sicura custodia. - 6. L'uomo delinquente. - 7. Nascita dell'anormale. - 8. Un mattoide: Davide Lazzaretti. - 9. Modus operandi. - 10. Genio e follia. - 11. Palimsesti del carcere. - 12. Riferimenti bibliografici.

CORDIANO, C. and QUERCI DELLA ROVERE, G. - L'INCONTINENZA CARDIALE
Fisiopatologia, clinica, terapia
Piccin Editore, Padova, 1976
406 pp., figs. and tables, L. 30.000

Le varie metodiche di indagine volte a stabilire l'esistenza e l'entità delle lesioni esofagee nei casi di incontinenza cardiale, comprese quelle recentissime quali l'elettromiografia e la misurazione della differenza di potenziale, sono ampiamente illustrate ed obiettivamente valutate. Sulla base di questo studio il chirurgo ed anche il medico pratico troveranno chiare e sicure informazioni per la valutazione dei vari quadri clinici dell'esofagite da reflusso e delle sue possibili complicanze. Un impegno particolare hanno inoltre dedicato gli Autori al trattamento chirurgico del reflusso e della sua più frequente complicanza, quella stenotica. Le molteplici tecniche proposte vengono accuratamente passate in rassegna e, anche sulla base dei risultati personali, gli Autori pervengono alla formulazione di precise indicazioni terapeutiche. Una estesa ed aggiornata bibliografia, una iconografia particolarmente ricca ed accurata, in massima parte originale, sono fra i pregi dell'opera.

CULBERTSON, J. T. - SENSATIONS, MEMORIES AND THE FLOW OF TIME
The Cromwel Press, Santa Margarita, 1976
xii+200 pp., figs. and tables, $8.00

CONTENTS. - 1. Some Legitimate Popular Puzzles about the Sensory and the Physical. - 2. Dogs and Dogmas. - 3. World Lines. - 4. Sensations. - 5. Sense

Qualities. - 6. Sensations and Memories in Spacetime. - 7. Perception (One Sense Datum). - 8. Perception (2 or 3 Sense Data). - 9. Patches, Natural and Syntetic. - 10. Two Superposed Geometries. - 11. Machine-Made Sense Data. - 12. Observing Sense Data Made by the Machine. - 13. Observing the Sense Data of Others. - 14. The Flow of Time.

D'AMORE, B. - ALGEBRA
Series: Lineamenti Propedeutici di Matematica, Vol. 1
Zanichelli, Bologna, 1976
XII+140 pp., tables, L. 2.400

Il testo offre un collegamento fra le conoscenze di algebra di un comune studente medio e i primi risultati, le prime considerazioni che egli sarà chiamato a fare nei corsi che richiedono un minimo d'algebra nelle facoltà scientifiche universitarie. Una prima parte del volume è dedicata all'algebra classica; una seconda parte, a partire da pochissimi elementi di teoria degli insiemi, dà una visione più generale ed astratta dell'algebra. Numerosi esercizi, tutti risolti, corredano le notizie di teoria, fornendo un banco di prova per il lettore. Le nozioni sono illustrate con numerosi esempi di vario genere.

D'AMORE, B. - ELEMENTI DI TEORIA DEI GIOCHI
Series: Matematica Moderna, Vol. 12
Zanichelli, Bologna, 1976
VIII+176 pp., figs. and tables, L. 2.600

Scopo di questo volume è quello di far conoscere anche al pubblico dei meno esperti in matematica, questa interessante teoria che presenta molti aspetti estremamente moderni e multiformi. L'autore propone parecchi esercizi di diversa complessità, per ciascuno dei quali è fornita la soluzione. Di lettura agevole può essere utile agli insegnanti ed agli studenti delle scuole medie superiori.

DAWSON, B. E. - ENERGIA NELLA CHIMICA
Series: Argomenti Scientifici Zanichelli, Vol. 6
Zanichelli, Bologna, 1976
VIII+54 pp., tables, L. 1.800

Questo libro ha lo scopo di illustrare uno dei modi di introdurre, e di mettere successivamente a profitto, alcune idee chiave della termodinamica chimica, senza scendere in un trattamento formale e particolareggiato della materia.

CONTENTS. - 1. Termometria e calorimetria. - 2. La conservazione dell'energia. - 3. Alcuni aspetti degli equilibri di fase. - 4. Alcuni aspetti degli equilibri chimici. - 5. Le leggi della termodinamica.

DEAN, N. W. - INTRODUCTION TO THE STRONG INTERACTIONS
Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1976
XIV+378 pp., tables, £19.70

CONTENTS. - 1. Introduction. - I. Group Theory. 2. The Rotation Group. - 3. The Isospin Group SU(2). - 4. (SU)3. - 5. Particle Classification in SU(3). - 6. Consequences of SU(3). - 7. Adding Spin. - 8. The Independent Quark Model. - II. Analyticity. 9. Singularities in Potential Theory. - 10. The Complex k-Plane. - 11. The Complex Energy Plane. - 12. Unitary and Analyticity. - 13. Relativistic Scattering Theory. - 14. Further Topics. - III. Regge Theory. 15. Complex Angular Momentum. - 16. Relativistic Regge Poles. - 17. Regge Phenomenology. - 18. Regge Cuts. - 19. Duality.

DE FLORA, A. - TEORIA DEGLI INSIEMI E ANALISI
Series: Lineamenti Propedeutici di Matematica, Vol. 2
Zanichelli, Bologna, 1976
x+158 pp., tables, L. 2.400

Il testo offre gli elementi essenziali di teoria degli insiemi che sono utili (a volte indispensabili) nel linguaggio moderno della matematica. I concetti sono trattati in maniera elementare con numerosi esempi ed esercizi risolti. Nella seconda parte, sono forniti i primi cenni fondamentali di analisi matematica, in una forma semplice che tende a ravvivare le conoscenze di chi ha già avuto modo di studiare tali argomenti o a introdurle per chi ne ha solo sentito parlare. Anche questa seconda parte è ricca di esercizi risolti, di esempi e di osservazioni didattiche.

DITCHBURN, R. W. - LIGHT, Vols. 1 and 2
Academic Press, London, 1976
xx+504 pp., and xvi+312 pp., tables, £6.80 respectively

The third edition of this textbook is a thoroughly revised and updated version of the 1963 edition. In the 1976 edition the treatments of thin films, lasers, holography, fibre-optics and waveguides have been considerably extended, and there is new material on non-linear optics, pico-second impulses and modern interferometry. Throughout the work the author sets out the necessary mathematics as simply as possible, giving all the steps in a proof. Chapters 1 to 12 (which form Volume 1) provide a course on physical optics for the undergraduate student of physics. Chapters 13 to 20 (Volume 2) are intended to give the postgraduate worker accounts of the electromagnetic theory of light and of the quantum theory of the interaction between radiation and matter. Volume 1 intended for the undergraduate and Volume 2 for the postgraduate, will suit the needs of the individual student.

DONOVAN, A. - PHILOSOPHICAL CHEMISTRY IN THE SCOTTISH ENGLIGHTENMENT
University Press, Edinburgh, 1975
x+344 pp., £7.00

This book studies the intellectual biography of Cullen and Black and shows that the intentions, methods and doctrines of Scottish physical scientists had their roots deep in the philosophical thought of the eighteenth century, to the benefit of man.

CONTENTS. - I. William Cullen and the New Science of Chemistry. 1. Scotland and University of Glasgow during the early years of the Eighteenth Century. - 2. English Natural Philosophy after Newton. - 3. Medicine and Natural Philosophy in Edinburgh. - 4. Moral Philosophy and Economic Improvement in mid-eighteenth-century Scotland. - 5. Cullen's Chemical Investigations. - 6. Cullen's Chemical Doctrines. - II. Joseph Black and the Advancement of Philosophical Chemistry. 7. Education and Apprenticeship. - 8. Black's Study of Causticity and Fixed Air. - 9. The Theory of Latent Heat. - 10. Black's Influence on the Emerging Science of Heat.

DRAWIN, H. W. - PHÉNOMÈNES DE VIBRATION ET DE PROPAGATION, Vols. 1 and 2
Editions Eyrolles, Paris, 1976
XIV+226 and X+310 pp., tables, Fr. 55 and Fr. 75 respectively

L'ouvrage de H. W. Drawin correspond à l'enseignement du certificat C_2 (vibrations et phénomènes de propagation) des Maîtrises de Physique et de Sciences Physiques. Ce texte correspond aussi au programme du certificat C_1 de la Maîtrise d'Electronique, Electro-technique, Automatique, et l'essentiel recouvre également une partie de l'enseignement de la Physique dans les Grandes Ecoles et les écoles d'Ingénieurs, comme, par exemple, les I.U.T., l'I.N.S.A. et les E.N.S.I. Le tome 1 est consacré aux phénomènes de vibrations, le tome 2 aux phénomènes de propagation.

CONTENTS. - 1. Les mouvements périodiques sans amortissements. - 2. La fonction de Lagrange (Lagrangien). - 3. Les Equations d'Hamilton et d'Hamilton-Jacobi. - 4. Les oscillations mécaniques, amorties et forcées. - 5. Les oscillations dans des circuits électriques. - 6. Résonances paramétriques. - 7. Séries de Fourier. - 8. Intégrale de Fourier. - 9. Généralités sur l'équation de propagation d'ondes. - 10. Ondes mécaniques. - 11. Ondes dans les fluides. - 12. Ondes électro-magnétiques. - 13. Ondes dans les plasmas.

DUNBAR, R. and DUNBAR, P. (eds.). - SOCIAL DYNAMICS OF GELADA BABOONS
Series: Contributions to Primatology, Vol. 6
S. Karger, Basel, 1975
X+156 pp., figs. and tables, SFr. 89.—

CONTENTS. - 1. Population Statistics. - 2. Structure and Dynamics of Reproductive Units. - 3. Structure and Dynamics of All-Male Groups. - 4. The Communication Network. - 5. Sex Differences in the Development of Grouping Patterns. - 6. The Ontogeny of Groups. - 7. Structure and Dynamics of the Higher Units.

EASTOP, V. F. and HILLE RIS LAMBERS, D. - SURVEY OF THE WORLD'S APHIDS
Dr. W. Junk b.v., Publishers, The Hague, 1976
VI+573 pp., Dfl. 160.—

This book is a survey of described aphids in which the authors list all the scientific names proposed for aphids. Each species is assigned to its correct genus and sub-

genus. First, all the genera are enumerated in alphabetical order with their type species; synonyms, and all the species originally or subsequently validly placed in them, with their synonyms. Second, an alphabetical list is given of all the specific names, each followed by the names of the genera in which the species were originally described; of which species it was the type species; and in which they now occur.

ECCLES, J. C. - LA CONOSCENZA DEL CERVELLO
Piccin Editore, Padova, 1976
XX+270 pp., figs. and tables, L. 8.000

Con uno stile chiaro e semplice, Eccles sviluppa il suo tema secondo linee fondamentali, trascurando, o accennandovi appena, molti aspetti di fisiologia regionale del sistema nervoso centrale, che non risultino essenziali per arrivare a discutere i meccanismi di funzionamento cerebrali veri e propri. Nel primo capitolo è trattata la nascita e la conduzione degli impulsi nervosi, cioè dei messaggi tramite i quali i neuroni comunicano. Nel secondo, sono trattati i meccanismi base della trasmissione sinaptica, cioè del passaggio dell'eccitamento da una cellula all'altra, a livello periferico. Nel terzo, troviamo la trasmissione simpatica a livello centrale, nei due aspetti contrapposti dell'eccitamento e dell'inibizione, i principi di organizzazione delle vie di conduzione nel sistema nervoso centrale, e una incisiva esemplificazione di una via sensitiva, dai recettori alla corteccia cerebrale, con i vari raccordi sinaptici che elaborano e rendono via via più nitido il segnale che sale lungo la via. Nel capitolo quarto, è trattato il controllo del movimento, con particolare riguardo alla funzione del cervelletto. Nel capitolo quinto, sono discussi i meccanismi che portano alla differenziazione e che guidano, geneticamente o nel corso dell'apprendimento, i collegamenti tra neuroni, con il problema connesso della possibile base neuronica della memoria. Nel sesto capitolo infine, vengono discusse le capacità cerebrali superiori, dal linguaggio alla coscienza.

ELKANA, Y. (ed.) - THE INTERACTION BETWEEN SCIENCE AND PHILOSOPHY
Humanities Press, Atlantic Highlands, N. J., 1974
XIX+481 pp., No price stated

In January 1971 a group of scholars from several parts of the world met in Jerusalem to honor the seventieth birthday of Professor Shmuel Sambursky. Their diverse field were represented in the papers read in homage to Professor Sambursky. These papers and the essence of these discussions are offered in the present volume.

*** EMOTIONS
Their Parameters and Measurement
Raven Press, Publishers, New York, 1975
XIV+800 pp., figs. and tables, $31.75

This volume is based on a recent symposium held in Stockholm under the sponsorship of the Karolinska Institute.

CONTENTS. - 1. Emotion and Its Parameters: Theoretical Considerations, by A. R. KAGAN. - 2. Organ Systems and Emotion, by J. MASON. - 3. Physiological Parameters and Methods of Measuring Emotions, by M. LADER. - 4. Psychological and Ethological Parameters and Methods and Clinical Aspects, by R. S. LAZARUS. - 5. Measurement of Emotion in Medical Practice, by H. J. EYSENCK. - 6. Measurement and Modification of Emotion: Ethical Aspects, by A. ENGSTRÖM and S. WOLF.

EMSLEY, J. - CHIMICA INORGANICA DEI NON-METALLI
Series: Argomenti Scientifici Zanichelli, Vol. 5
Zanichelli, Bologna, 1976
VIII+56 pp., tables, L. 1.800

CONTENTS. - 1. I non-metalli e la tavola periodica. - 2. Il legame covalente. - 3. La struttura delle molecole. - 4. L'idrogeno. - 5. Il boro. - 6. Il carbonio e il silicio. - 7. L'azoto e il fosforo. - 8. L'ossigeno, lo zolfo, il selenio. - 9. Il fluoro, il cloro, il bromo, lo iodio. - 10. I gas rari.

EWERT, J.-P. - NEURO-ETHOLOGIE
Einführung in die neurophysiologischen Grundlagen des Verhaltens
Series: Heidelberger Taschenbücher, Vol. 181
Springer-Verlag, Berlin, 1976
XII+260 pp., figs. and tables, DM 24,80

CONTENTS. - 1. Was ist Neuro-Ethologie? - 2. Wie wird ein Reiz in eine Bewegung umgesetzt? - 3. Signale und Auslösemechanismen: Einige Grundbegriffe aus der Ethologie. - 4. Neurobiologische Grundlagen für das Erkennen und Orten von Umweltsignalen: Wie erkennt ein Krötenhirn Beute und Feinde? - 5. Funktionsstrukturen in visuellen System der Wilbertiere: Vergleichende Aspekte. - 6. Beispiele für die Auslösung und Steuerung von Verhaltensweisen durch andere sensorische Systeme. - 7. Neuronenschaltungen für feste motorische Verhaltensprogramme. - 8. Hirnrepräsentation der Verhaltensmotivation. - 9. Methodischer Anhang.

*** FARMACOLOGIA E TERAPIA CLINICA
Piccin Editore, Padova, 1976
X+662 pp., figs. and tables, L. 30.000

CONTENTS. - 1. Impiego clinico dei beta-bloccanti. - 2. Antiaritmici. - 3. Glucosidi cardioattivi. - 4. Amine simpaticomimetiche e altri farmaci inotropi. - 5. Cuore e farmaci non specifici. - 6. Ipotensivi e vasodilatatori. - 7. I diuretici.

FISHLEDER, B. L. - ESPLORAZIONE CARDIOVASCOLARE E FONOMECCANOCARDIOGRAFIA CLINICA
Piccin Editore, Padova, 1976
XX+796 pp., figs. and tables, L. 45.000

Il testo di Fishleder è il frutto di una lunga esperienza clinica e di ricerca, affiancata da una accurata preparazione e documentazione. La ricerca bibliografica (oltre 3.000 voci) è stata uno degli impegni principali dell'autore. Essa affonda le sue radici nei tempi più remoti, al limite tra letteratura e scienza, e si fa via via più consistente con l'apporto della tecnologia avanzata della nostra epoca. In ogni capitolo l'autore analizza gli argomenti su tre direttrici: a) analisi storica del cammino percorso dai vari ricercatori fino all'attuale impostazione del problema. b) Messa a punto dei problemi fisiopatologici e clinici. c) Trattazione specifica della Fonomeccanocardiografia. Il lettore ha così un quadro completo per ciascun argomento ed è obbligato a non dimenticare che ogni tecnica per quanto raffinata e suggestiva non deve mai essere separata dal contesto clinico e da una critica pari a quella che ha portato i diversi ricercatori ai risultati attuali. Fishleder afferma nella sua prefazione di aver cercato di trattare « l'insieme dei segni fisici e la loro registrazione sincronizzata e coordinata in modo da formare una vera dottrina di diagnostica fonomeccanocardiografica ».

CONTENTS. - 1. Basi dell'ascoltazione e della fonocardiografia. Metodi di esame. - 2. Movimenti precordiali (precordiogrammi). - 3. Registrazione dei polsi arteriosi. - 4. Polso venoso giugulare. Polso epatico. (Flebogramma giugulare. Epatogramma). - 5. Le fasi del ciclo cardiaco. Cronodinocardiometria esterna. - 6. Dinamica cardiocircolatoria. Suo studio mediante i tracciati sfigmografici. - 7. I toni cardiaci. - 8. Sdoppiamento del I e del II tono. - 9. Toni aggiunti anormali. - 10. I soffi cardiovascolari. - 11. Soffi sistolici. - 12. Soffi diastolici. Soffi toracici continui. Sfregamenti. - 13. Fonoangiografia: i toni e i soffi vascolari extracardiaci. - 14. Persistenza del dotto arterioso (PDA). - 15. Comunicazioni interatriali. - 16. Comunicazione interventricolare (CIV). - 17. Le stenosi polmonari. Trilogia e tretalogia di Fallot. - 18. Malattia di Ebstein. Atresia tricuspidale. Trasposizione dei grossi vasi. Tronco comune. - 19. Le ipertensioni arteriose polmonari. - 20. Coartazione dell'aorta. - 21. Le stenosi aortiche. - 22. Insufficienza aortica. - 23. La cardiopatia reumatica in fase attiva. - 24. Insufficienza mitralica. - 25. Stenosi mitralica. - 26. I vizi tricuspidali. - 27. Pericarditi. - 28. Cardiopatie ipertensive e coronariche. Aneurisma del miocardio. Insufficienza contrattile del ventricolo sinistro. - 29. Gli stati ipercinetici. - 30. Disritmie (aritmie) e disturbi della conduzione cardiaca.

FONER, S. (ed.) - MAGNETISM, SELECTED TOPICS
Gordon and Breach Science Publishers, London, 1976
XX+748 pp., figs. and tables, £44.00

The topics chosen for this book were specifically limited to a few areas where current research has been concentrated and is developing. The major part of this work is concerned with magnetism in metals and alloys.

CONTENTS. - 1. Band magnetism. - 2. Band magnetism and applications. - 3. The spin and charge response of the paramagnetic and ferromagnetic electron gas. - 4. Review of transport properties of dilute alloys. - 5. The Kondo effect, answered and unanswered questions. - 6. Some new results of ordering phenomena in dilute ferromagnetic Pd alloys. - 7. Local spin fluctuations. - 8. Magnetic impurity problem. - 9. Impurity, impurity interaction in metals, local environment effects. - 10. Applications of nuclear methods to hyperfine interactions in

impurities in metals. - 11. Application of neutron scattering to magnetism. - 12. Neutron scattering studies of critical phenomena. - 13. Cooperative phenomena in some magnetic and biological systems: homogeneous functions, scaling laws, and molecular pharmacology. - 14. Spin waves in insulators. - 15. Optical spectroscopy of magnetic rare earth insulators. - 16. Photoelectron spin polarization and exchange interactions in solids.

FORD, T. D. and CULLINGFORD, C. H. D. (eds.). - THE SCIENCE OF SPELEOLOGY
Academic Press, London, 1976
XIV+594 pp., figs. and plates, £14.00

This book is a survey of the vast amount of factual material that has accumulated so quickly over the last few years. Each chapter covers a different scientific discipline in its particular application to speleology. The natural phenomena of caves are described, and the methods of investigation are considered in detail with discussions on the interpretation of experimental results. Examples are drawn from caves throughout the world, providing the reader with a rich and varied range of cave forms and their contents. The contributors, all recognized authorities, are also experienced cavers, and provide sound practical guidance to field study.

FORTI, L. (ed.). - L'ALTRA PAZZIA
Feltrinelli, Milano, 1975
360 pp., L. 4.200

Quest'antologia è stata concepita per dare al lettore un panorama delle attuali forme alternative di psichiatria. Comprende ventisei saggi di autori italiani, inglesi, americani e francesi, appartenenti a scuole fra loro diversissime, e scelti fra i più rappresentativi delle loro correnti: BASAGLIA e JERVIS per la linea antiistituzionale che fa capo all'esperienza dell'ospedale psichiatrico di Gorizia; LAING, ESTERSON e SCHATZMAN per la scuola antipsichiatrica inglese; SZAZS, GOFFMAN e SCHEFF per la socio-psichiatria americana; MANNONI, DELEUZE e GUATTARI come esponenti delle nuove tendenze della filosofia psichiatrica francese, e altri, che l'esperienza psichiatrica hanno vissuto di persona, come ARTAUD e MARY BARNES.

*** GALILEO AGAINST THE PHILOSOPHERS
Zeitlin and Ver Brugge, Los Angeles, 1975
XVIII+152 pp., figs., $32.50

This book published by Zeitlin & Ver Brugge, Los Angeles, contains the translations of both 'Ronchitti' and 'Mauri', and an introduction and notes to each; printed by Grant Dahlstrom, in a fine typographic format and bound in decorated cloth-covered boards.

GANS, C. and DAWSON, W. R. (eds.). - BIOLOGY OF THE REPTILIA, Vol. 5
Physiology A
Academic Press, London, 1976
XVI+556 pp., tables, £16.80

CONTENTS. - 1. Reptilian Physiology: An Overview, by C. GANS and W. R. DAWSON. - 2. Methods for the Physiological Study of Reptiles, by H. S. MCDONALD. - 3. Metabolism, by A. F. BENNETT and W. R. DAWSON. - 4. Respiration: Mechanics, Control and Gas Exchange, by S. C. WOOD and C. J. M. LENFANT. - 5. Circulation, by F. N. WHITE. - 6. Regulation of Acid-Base Balance in Reptiles, by B. J. HOWELL and H. RAHN. - 7. Osmoregulation, by P. J. BENTLEY. - 8. Salt Glands in Reptiles, by W. A. DUNSON. - 9. Renal Function (with special emphasis on Nitrogen Excretion), by W. H. DANTZLER.

GERBASI, M. (ed.). - TRATTATO DI PEDIATRIA, Vols. 1 and 2
Piccin Editore, Padova, 1976
XVIII+760 pp. and XV+692 pp., figs. and tables, L. 30.000 each volume

È un'opera moderna, in cui sono trattati con maggiore profondità i problemi attuali della disciplina ed esposti in modo da interessare studenti, medici generici o specializzati nella branca. La pediatria oggi è diversa per quanto riguarda la frequenza e l'estrinsecazione dei vari quadri patologici, quali si presentano nella comune pratica, da quella che era anche soltanto pochi decenni fa. Lo scopo di questo volume è quello di far conoscere a medici e studenti a quale punto di evoluzione è pervenuta la pediatria, per le sue più recenti acquisizioni, per le notevoli conquiste nei campi della fisiopatologia, della diagnostica e della terapia, e prospettare quali problemi sono ancora aperti ed attendono una soluzione.

GIARDINO, G. and GOMBOS, F. - LEZIONI DI CLINICA ODONTOIATRICA E STOMATOLOGICA
Piccin Editore, Padova, 1976
XVI+366 pp., figs. and tables, L. 22.000

CONTENTS. - 1. Richiami di anatomia della bocca e delle mascelle. - 2. Anatomia topografica delle regioni di interesse stomatologico. - 3. Embriologia ed istologia dell'apparato dentario umano. - 4. Brevi note introduttive sulla semeiologia del cavo orale, sui poteri di difesa della bocca e sulla microbiologia del cavo orale. - 5. Malformazioni della bocca e delle mascelle. - 6. Anomalie dei denti. - 7. Disodontiasi del molare del senno. - 8. Carie dentaria. - 9. Pulpopatie. - 10. Parodontopatie. - 11. Sinusiti odontogene. - 12. Patologia della mucosa orale e delle labbra non in diretto rapporto con l'apparato dentario. - 13. Patologia dell'articolazione temporo-mandibolare. - 14. Fratture delle mascelle. - 15. Le osteomielite delle mascelle. - 16. Nevralgia del trigemino. - 17. Patologia delle ghiandole salivari (tumori esclusi). - 18. Tumori primitivi della bocca. - 19. Tumori primitivi delle mascelle. - 20. Nozioni sui reimpianti, trapianti ed impianti dentari. - 21. Brevi note sulla anestesia in odontostomatologia. - 22. Generalità sulla avulsione dei denti.

GINSBURG, R. N. (ed.) - TIDAL DEPOSITS
A Casebook of Recent Examples and Fossil Counterparts
Springer-Verlag, Berlin, 1975
XIII+428 pp., figs. and tables, DM 85,—

CONTENTS. - 1. Recent Siliciclastic Examples. - 2. Ancient Siliciclastic Examples. - 3. Recent Carbonate Examples. - 4. Ancient Carbonate Examples: Vertical Sequence of Sedimentary Structures. - 5. Ancient Carbonate Examples: Laminated, Thin-Bedded, and Stromatolitic. - 6. Recognition of Ancient Carbonate Examples: Sedimentary Features and Facies Patterns.

GOEDHART, W. J. A. (ed.) - NON-INVASIVE MECHANICAL METHODS IN CARDIOLOGY AND CARDIOVASCULAR DYNAMICS
Series: Bibliotheca Cardiologica, Vol. 35
S. Karger, Basel, 1976
XX+272 pp., figs. and tables, SFr. 142,—

CONTENTS. - 1. General Philosophy about the Relation of Invasive and Non-Invasive Mechanical Methods of Investigation. - 2. Improvement of Ballistocardiography and other Non-Invasive Techniques. - 3. Evaluation of Ballistocardiography and its Possible Use in Cardiology, in Particular the Early Detection of Ischaemic Heart Disease. - 4. Influence of Therapeutic Measures in Ischaemic Heart Disease, Evaluated with Non-Invasive Methods. - 5. Use of Ballistocardiography and other Non-Invasive Methods in the Study of Cardiovascular Aging. - 6. Data-Analysis of Ballistocardiography in Time-Domain and Frequency-Domain.

GRASSÉ, P.-P. - LA DÉFAITE DE L'AMOUR OU LE TRIOMPHE DE FREUD
Editions Albin Michel, Paris, 1976
240 pp., No price stated

CONTENTS. - 1. La défaite de l'amour ou le triomphe de Freud. - 2. De Jean-Jacques Rousseau à Lyssenko ou le retour aux grands mythes. - 3. L'Homme et son irrationnel. - 4. Le crépuscule de Démocrite.

GRUBER, U. F. - I SOSTITUTI DEL PLASMA
Piccin Editore, Padova, 1976
XVI+292 pp., tables, L. 15.000

Nella Prima parte di questo volume si è cercato di descrivere brevemente le modificazioni emodinamiche e metaboliche che insorgono dopo perdite ematiche di minore entità e nello shock emorragico, e vengono discussi gli indirizzi terapeutici adeguati ed i rispettivi criteri informatori. Nella Seconda parte, oltre ai tipi di sangue conservato e ai preparati di plasma che abbiamo a nostra disposizione, vengono descritte le varie soluzioni di colloidi e cristalloidi che possono essere usate come liquidi di compenso nei confronti di perdite ematiche, utilizzando, eccetto i casi che verranno specificamente indicati, i dati forniti dal produttore nei prospetti e nei bollettini d'informazione che accompagnano ciascun preparato. Vengono inoltre fornite notizie dettagliate sull'effetto di volume sviluppato da ciascuna delle sostanze descritte. Sono infine raccolti i risultati sperimentali e clinici relativi al trattamento dello shock. Nella terza parte la discussione si sposta sulle ricerche sperimentali da noi eseguite e sui risultati ottenuti dagli

altri Autori; si tenta, alla fine, di dedurre dal contesto degli argomenti trattati alcune considerazioni di ordine conclusivo, indicando al contempo gli scopi che attualmente la ricerca sperimentale sullo shock deve perseguire e le strade che essa deve percorrere. Nella Quarta parte un breve riassunto della materia trattata e, in appendice, la letteratura a fini di documentazione.

GUYONNAUD, J.-P. - ENDORMIR PAR L'HYPNOSE ET ÉCLAIRER PAR LA SOPHROLOGIE
Maloine S. A. Editeur, Paris, 1976
400 pp., No price stated

L'auteur ne se borne pas à nous livrer une encyclopédie pratique de techniques hypnotiques et sophrologiques et un recueil d'indications. Allant plus loin, il se fait aussi l'écho des différentes questions que nous nous posons sur l'hypnose et la sophrologie et pose les bases d'une approche nouvelle sur le circuit hypnotisation-déshypnotisation dans des domaines qui ne sont pas forcément médicaux.

CONTENTS. - 1. Généralités. - 2. Les expériences à l'état de veille. - 3. Les moyens d'endormir. - 4. Suggestions pendant le sommeil hypnotique. - 5. Les techniques proches de l'hypnose. - 6. Les techniques sophrologiques. - 7. Techniques non-sophrologiques particulières. - 8. L'hypnose en thérapeutique et problèmes divers. - 9. Histoire de la sophrologie en France. - 10. Sophrologie et hypnose. - 11. Sophrologie et psychanalyse. - 12. Sophrologie et sexologie. - 13 Différence entre la sophrologie de Caycedo et l'hypnosophrologie de cherchève. - 14. L'hypothèse parapsychologique ou pour une relance du magnétisme. - 15. L'hypnose sociologique de groupe à l'échelon intercontinental ou comment développer la conscience collective d'un pays. La fascinante expérience chinoise de Mao Tsé-toung, le grand timonier. - 16. Réponses à des questions.

HALDER, U. - ÖKOLOGIE UND VERHALTEN DES BANTENG (BOS JAVANICUS) IN JAVA
Series: Mammalia depicta, Vol. 10
Verlag Paul Parey, Hamburg, 1976
124 pp., figs. and tables, DM 54,—

CONTENTS. - 1. Einleitung. - 2. Verbreitung und Habitate. - 3. Ansprüche an das Habitat. - 4. Aktivitätsprogramm. - 5. Populationsdynamische Aspekte. - 6. Interspezifische Beziehungen. - 7. Elementare Verhaltensweisen. - 8. Soziale Verbände. - 9. Formen sozialer Kommunication. - 10. Das Aufwachsen der Jungtiere. - 11. Die Erhaltung des Banteng.

HAMMEL, H. T. and SCHOLANDER, P. F. - OSMOSIS AND TENSILE SOLVENT
Springer-Verlag, Berlin, 1976
XII+134 pp., figs. and tables, DM 24,—

CONTENTS. - 1. Perspectives on the Mechanism of Osmosis and Imbibition. - 2. Some Reversible Thermodynamic Relationships at Equilibrium. - 3. Toward Understanding the Colligative Properties of a Solution. - 4. The Chemical Potential of Water.

*** HIGH QUALITY PROTEIN MAIZE
Proceedings of the CIMMYT-Purdue Symposium on Protein Quality in Maize
John Wiley and Sons, Chichester, 1975
x+524 pp., figs. and tables, £21.00

This volume brings together, in one convenient source, the findings of the distinguished scientists who participated in the symposium. It provides an invaluable overview of some of the world's more critical food needs, and describes strategies for developing more nutritive cereals and making them available to undernourished populations. Special attention is paid to recent breeding and nutritional studies on protein in maize, commercial production aspects, chemical and biological evaluation of maize protein quality, economic and social implications, and progress in breeding high-quality protein in other cereals.

HOLMES, F. L. - CLAUDE BERNARD AND ANIMAL CHEMISTRY
Harvard University Press, Cambridge, 1974
XXII+541 pp., £12.25

CONTENTS. - 1. Chemists, Physiologists and the Problem of Nutrition. - 2. Paris and Giessen at Odds. - 3. The Debate over the Source of Animal Fat. - 4. The French Chemists on the Defensive. - 5. The Persistence of Jean-Baptiste Boussingault. - 6. Origins of Claude Bernard's Research in Animal Chemistry. - 7. The Investigation of Digestion, 1750-1830. - 8. The Pepsin Theory. - 9. French Investigation of Digestion. - 10. Bernard's First Theory of Gastric Digestion. - 11. Bernard and Barreswil in a Busy Field. - 12. Scientific Imagination Confronted by Experimental Complexity. - 13. Herbivorous and Carnivorous Nutrition - a Succes amid Further Setbacks. - 14. Claude Bernard and Louis Mialhe. - 15. A New Look at Old Projects. - 16. The Persistence of Claude Bernard. - 17. The Pancreatic Juice: «A Different Field of Activity». - 18. The Search of Sugar. - 19. The Source of Sugar in Animals. - 20. Conclusion.

HOOKER, C. A. (ed.) - CONTEMPORARY RESEARCH IN THE FOUNDATIONS AND PHILOSOPHY OF QUANTUM THEORY
Series: The University of Western Ontario Series in Philosophy of Science, Vol. 2
D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 1973
XX+386 pp., tables, Dfl. 105,—

This book brings together a collection of original papers, hitherto unpublished, which stand at the very frontier of research in the foundations of quantum theory. These papers explore some of the most exciting philosophical and mathematical ideas to have emerged in this field in the last two decades.

HOOKER, C. A. (ed.) - THE LOGICO-ALGEBRAIC APPROACH TO QUANTUM MECHANICS
Historical Evolution, Vol. 1
Series: The University of Western Ontario Series in Philosophy of Science, Vol. 5
D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 1975
XVI+610 pp., tables, Dfl. 175,—

This volume brings together for the first time a thoroughly comprehensive collection of the pioneering historical papers in the area — of sufficient scope to comprehend the mathematical and physical dimensions of the development and providing an introduction to the conceptual-philosophical issues. A subsequent volume will concentrate on these latter and on ongoing mathematical research.

JACKSON, M. A. - PRINCIPLES OF PROGRAM DESIGN
Series: A.P.I.C. Studies in Data Processing, Vol. 12
Academic Press, London, 1975
XII+300 pp., tables, £8.80

In this volume the author describes and explains a rational method of designing computer programs, adopting a practical, step-by-step approach and thus differing from many writers who have treated the subject with a heavy reliance on intuition and inspiration. The method is particularly — but not solely — suited to programming for data processing and for systems software, and has been successfully taught and practised for several years.

JAKI, S. L. (ed.) - J. H. LAMBERT
Cosmological Letters on the Arrangement of the World-Edifice
Scottish Academic Press Limited, Edinburgh, 1976
246 pp., No price stated

The book illustrates both the success and the risk of trying to fathom the construction of the universe mainly with the eyes of the mind and without the aid of large telescopes which made Herschel famous twenty or so years later. The Introduction gives an account of the genesis and reception of the *Cosmological Letters* based in part on a study of Lambert's still unpublished correspondence. The translation, prepared for the 200th anniversary of Lambert's death, is a contribution to the history of cosmology.

JAMES, I. M. - THE TOPOLOGY OF STIEFEL MANIFOLDS
Series: London Mathematical Society Lecture Note Series, Vol. 24
Cambridge University Press, Cambridge, 1976
VIII+168 pp., £3.95

CONTENTS.- 1. Introduction. - 2. Algebra versus topology. - 3. The Stiefel manifolds. - 4. The auxiliary spaces. - 5. Thom spaces. - 6. Homotopy equivariance. - 7. Cross-sections and the S-type. - 8. Relative Stiefel manifolds. - 9. Cannibalistic characteristic classes. - 10. Exponential characteristic classes. - 11. The main theorem of J-theory. - 12. The fibre suspension. - 13. Canonical automorphisms. - 14. The iterated suspension. - 15. Samelson products. - 16. The Hopf construction. - 17. The Bott suspension. - 18. The intrinsic join again. - 19. Homotopy-commutativity. - 20. The triviality problem. - 21. When is $P_{n,k}$ neutral? - 22. When is $V_{n,2}$ neutral? - 23. When is $V_{n,k}$ neutral? - 24. Further results and problems.

JAMES, V. H. T., SERIO, M. and GIUSTI, G. (eds.). - THE ENDOCRINE FUNCTION OF THE HUMAN OVARY
Academic Press, London, 1976
x+520 pp., figs. and tables, £11.50

The aim of the present work is only to introduce the recent developments in the field of the histology of the human ovary and to point out some morphological problems related to ovarian steroidogenic activity.

JÉQUIER, N. (ed.) - APPROPRIATE TECHNOLOGY
Problems and Promises
OECD, Paris, 1976
348 pp., tables, Fr. 50

This book is an attempt to improve our understanding of the structurals problems facing the appropriate technology movement from the standpoint of a national innovation policy. The phrase, *Problems and Promises*, hints at the general scope of the writings collected in this book. It covers the vast grey area which lies between a) the generalities debated often with an ideological trait, which point to certain difficult 'problems' in adopting definitive, extensive policy actions, on the one hand, and b) the anecdotal specifics of micro-level field missions, which corroborate 'promises' and crave for more determined policy supports, on the other. The reader will see that the state-of-the-arts review presented here refers to the various forms of technical innovation projects and institutions linked for the most part to the people in rural areas.

KANASEWICH, E. R. - TIME SEQUENCE ANALYSIS IN GEOPHYSICS
The University of Alberta Press, Edmonton, 1975
vi+364 pp., tables, $15.00 (Can.)

This book provides a 'state of the art' treatment of time series and time sequence analysis as practised by the geophysical industry and used by geologists and geophysicists in their research. It is intended for the senior student or first year graduate student in seismology, geomagnetism and exploration geophysics. Digital data processing and computer analysis are stressed throughout. Many examples are given illustrating deconvolution, velocity filtering and spectral analysis.

KANGRO, H. - EARLY HISTORY OF PLANK'S RADIATION LAW
Taylor and Francis Ltd., London, 1976
xviii+284 pp., tables, £25.00

The general subject of Plank's radiation theory (from 1895 onwards) is investigated only to the extent that this book supplements previously published historical works. For example, attention is drawn to those modifications of the theory which Planck undertook several times following discussions with Boltzmann, as well as to his repeated reflections upon the nature of the resonators and to the connection of his radiation work with his earlier concept of thermodynamic entropy.

Experiment and theory, together and inseparably, determine the genesis of physical knowledge. This book follows both aspects in the development of one of the most important theories of the 20th century, and in so doing it gives a fascinating insight into the birth of such knowledge.

KAUFMANN, A. - APPLICATIONS À LA LINGUISTIQUE, À LA LOGIQUE ET À LA SÉMANTIQUE
Series: Introduction à la théorie des sous-ensembles flous, Vol. 2
Masson et C.ie, Paris, 1975
XII+235 pp., tables, Fr. 130

Dans le tome II de cet ouvrage le lecteur trouvera des idées et applications nouvelles concernant les langages flous (c'est-à-dire semi-naturels, c'est-à-dire encore, se rapprochant de la communication homme-homme). La logique floue est expliquée en détail dans les aspects qui la lie aux langages. Ce qui distingue les langages flous des langages naturels, c'est, avant tout, l'introduction d'une sémantique quantitative permettant de prendre en compte les nuances et une part de la diversité de la pensée humaine.

KLEIN, J. F. - LA STIRPE DELLE PIANTE
Series: Serie Kosmos
Editrice La Scuola, Brescia, 1976
72 pp., figs. and tables, L. 1.300

Il volumetto si occupa, in tono divulgativo, ma sempre attento alla rigorosità scientifica, dei vari aspetti della riproduzione nel regno vegetale, ma anche della diffusione delle piante dovuta a cause fortuite o storiche o legate al progresso tecnico e quindi alla rapidità delle comunicazioni.

KNIGHT, C. A. - VIROLOGIA MOLECOLARE
Piccin Editore, Padova, 1976
XII+216 pp., figs. and tables, L. 8.000

L'Autore espone in modo chiaro ed organico gli aspetti essenziali della materia, dando il giusto peso agli aspetti tecnici e metodologici, e dimostrando in modo convincente la grande utilità dei virus per lo studio e la comprensione di fenomeni molecolari di base. Per chi desiderasse approfondire maggiormente le proprie conoscenze in questo campo, alla fine di ogni capitolo, trova una esauriente bibliografia. Il libro merita l'attenzione non solo degli specialisti di virologia animale, vegetale e batterica, dei biologi molecolari e dei microbiologi, ma anche degli studenti della Facoltà di Scienze e Medicina, i quali, nella lettura di quest'opera, troveranno stimolo per accostarsi alla virologia molecolare.

KRUPP, M. A. and CHATTON, M. J. - DIAGNOSTICA E TERAPIA MEDICA ATTUALE
Piccin Editore, Padova, 1976
XVI+1210 pp., tables, L. 25.000

In quest'opera, tradotta in italiano da Ernesto Bonomo, gli autori hanno sintetizzato ogni malattia internistica in cinque paragrafi: nel primo sono raccolti i sintomi essenziali per la diagnosi. A questo seguono, concise e documentate, le acquisizioni patogenetiche. Nel terzo paragrafo sono raccolti i segni obiettivi fisici e funzionali; quindi la prognosi e le complicanze. L'ultimo paragrafo, che è il più esteso, è dedicato alla terapia. Infatti le indicazioni che si riferiscono alla semeiotica funzionale risentono delle aggiornate informazioni di genetica, biochimica ed immunologia possedute dagli autori e la terapia è proposta in termini di reale efficacia essendo usati solo i medicamenti che possiedono documentazione terapeutica.

*** LANDOLT-BÖRNSTEIN - NUMERICAL DATA AND FUNCTIONAL RELATIONSHIPS IN SCIENCE AND TECHNOLOGY
Series: New Series, Group II: Atomic and Molecular Physics
Structure Data of Free Polyatomic Molecules, Vol. 7
Springer-Verlag, Berlin, 1976
VIII+396 pp., tables, DM 360,—

This volume contains data on the geometric parameters (bond distances and angles) of free polyatomic molecules. The geometric parameters are determined in the gas phase either by an analysis of the rotational constants observed in spectroscopy — microwave, infrared, Raman and ultraviolet — or by an analysis of electron diffraction intensity. Most of the structures listed in the tables are for molecules in the electronic ground state, but structures for electronically excited molecules have also been included as far as they are available.

*** LANDOLT-BÖRNSTEIN - NUMERICAL DATA AND FUNCTIONAL RELATIONSHIPS IN SCIENCE AND TECHNOLOGY
Series: New Series, Group II: Atomic and Molecular Physics
Magnetic Properties of Coordination and Organometallic Transition Metal Compounds, Vol. 8, Supplement 1
Springer-Verlag, Berlin, 1976
XXXVI+1164 pp., tables, DM 1100,—

The first part of the present volume complements and extends the collection of magnetic susceptibility data for coordination and organometallic transition metal compounds which was presented as volume II-2 of the New Series of Landolt-Börnstein tables. The literature covered here adds directly to that included in the previous volume and extends to the end of 1968. It is expected that the series of volumes on magnetic data of transition metal compounds will be continued by supplementary volumes, each covering two years of literature. The extensive amount of magnetic data in this volume from a period of between four and five years as compared to the data in volume II-2 (which covers the years 1899 to 1964) reflects the general increase in the number of scientific publications.

LANZA, G. (ed.) - TRATTATO DI ANATOMIA E ISTOLOGIA PATOLOGICA, Vol. 4
Piccin Editore, Padova, 1976
XVI+714 pp., figs. and tables, L. 23.000

CONTENTS. - I. Apparato respiratorio. 1. Naso e seni paranasali, by G. MOTTA and C. BOLOGNESI. - 2. Rinofaringe, by G. MOTTA and C. BOLOGNESI. - 3. Laringe, by G. MOTTA and C. BOLOGNESI. - 4. Trachea e Bronchi, by R. MORI. - 5. Polmoni, by G. LANZA. - 6. Pleure, by R. MORI. - 7. Diaframma, by R. MORI. - 8. Mediastino, by R. MORI.

LAVER, M. - AN INTRODUCTION TO THE USES OF COMPUTERS
Series: Cambridge Computer Science Texts, Vol. 5
Cambridge University Press, Cambridge, 1976
VIII+232 pp., tables, £2.95

This book introduces the extensive and confusing terminology of computing with great clarity and by exploring a wide range of uses outside science and technology provides an appreciation of the range of problems computers can handle beyond the purely mathematical.

LÉGER, J.-P. - LE PETIT LIVRE ROUGE DE L'ACUPUNCTURE
Maloine S.A. Editeur, Paris, 1976
60 pp., tables, Fr. 32

L'auteur dans cet ouvrage se réfère à la doctrine classique de la vieille Acupuncture: « Lever l'obstacle » qui perturbe la libre circulation de l'énergie dans les méridiens et constitue l'origine réelle de la maladie. Pour parvenir à cette fin il faut connaître le principe de la circulation de l'énergie, identifier par la prise des pouls les méridiens où elle est perturbée, savoir les emplacements exacts des points de commande, être initié enfin aux règles d'actions réciproques dont l'application judicieuse permet de réduire au minimum le nombre de points à stimuler. Ce Petit Livre Rouge de l'Acupuncture, clair et précis, interessera l'étudiant, le praticien et souvent l'Acupuncteur confirmé.

LE MÉHAUTÉ, B. - AN INTRODUCTION TO HYDRODYNAMICS AND WATER WAVES
Springer-Verlag, Berlin, 1976
VIII+323 pp., tables, DM 60,60

This book represents an interesting approach to the theoretical aspects of hydrodynamics. Sufficient examples are provided throughout the text to illustrate the general concepts. Problems at the conclusion of each chapter are furnished so that the student may verify his understanding. Each set of problems also serves as a stimulus for additional work. The book will be of special interest to students of coastal, hydraulic, and civil engineering, naval architecture, physical oceanography, marine geology, and sedimentology.

LOUIS, P. - LA DÉCOUVERTE DE LA VIE: ARISTOTE
Hermann, Paris, 1975
216 pp., Fr. 38

Pierre Louis, qui a édité et traduit les traités de sciences naturelles d'Aristote, a rédigé une étude d'ensemble sur Aristote biologiste. Il y montre la place considérable qu'occupe l'observation des animaux dans l'oeuvre d'Aristote. Il souligne l'intérêt exceptionnel des conclusions auxquelles l'auteur arrive, en particulier lorsqu'il formule un certain nombre de lois naturelles que la science moderne ne fait que confirmer. Ainsi, des documents qu'on trouve dans ces traités biologiques intéressent-ils non seulement l'histoire des sciences, mais aussi l'histoire tout court.

MCQUILLIN, F. J. - HOMOGENEOUS HYDROGENATION IN ORGANIC CHEMISTRY
Series: Homogeneous Catalysis in Organic and Inorganic Chemistry, Vol. 1
D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 1976
VI+133 pp., Dfl. 50

CONTENTS. - 1. General Principles. - 2. The Mechanism and Stereochemistry of Hydrogenation. - 3. Homogeneous Hydrogenation of Alkenes, Alkynes, Allenes and 1,3-dienes. - 4. Hydrogenolysis of Cyclopropanes. - 5. Hydrogenation of Aromatics and Heteroaromatics. - 6. Hydrogenation of Molecules Containing Carbonyl, Nitro, Halogen, —N=N— and —N=CH— groups. - 7. Isomerisation and Specific Deuteriation. - 8. Ligands and Solvents. - 9. Asymmetric Hydrogenation. - 10. Catalytic Activation of Alkane Carbon-Hydrogen Bonds. - 11. Examples of the Preparation and Use of Homogeneous Catalysts. - 12. Supported Catalysts. - 13. Homogeneous versus Heterogeneous Hydrogenation.

MELZACK, R. - L'ENIGMA DEL DOLORE
Aspetti psicologici, clinici e fisiologici
Zanichelli, Bologna, 1976
X+172 pp., tables, L. 4.600

CONTENTS. - 1. L'enigma del dolore. - 2. Psicologia del dolore. - 3. Aspetti clinici del dolore. - 4. Fisiologia del dolore. - 5. Evoluzione delle teorie del dolore. - 6. Teoria del controllo di entrata del dolore. - 7. Controllo del dolore.

MIMS, C. A. - THE PATHOGENESIS OF INFECTIOUS DISEASE
Academic Press, London, 1976
X+246 pp., tables, £6.80

CONTENTS. - 1. General Principles. - 2. Entry of Microorganisms into the Body. - 3. Events Occurring Immediately After the Entry of the Microorganism. - 4. The Encounter of the Microbe with the Phagocytic Cell. - 5. The Spread of Microbes through the Body. - 6. The Immune Response to Infection. - 7. Microbial Strategies in Relation to the Immune Response. - 8. Mechanisms of Cell and Tissue Damage. - 9. Recovery from Infection. - 10. Failure to Eliminate Microbe. - 11. Host and Microbial Factors Influencing Susceptibility.

MOCEK, R. - WILHELM ROUX - HANS DRIESCH
Zur Geschichte der Entwicklungsphysiologie der Tiere
Series: Biographien bedeutender Biologen, Vol. 1
Veb Gustav Fischer Verlag, Jena, 1974
229 pp., figs., M 26,—

CONTENTS. - 1. Einleitung. - 2. Die Stellung der Entwicklungsphysiologie innerhalb der entwicklungsbiologischen Forschung in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts. - 3. Wilhelm Roux: der Begründer die Entwicklungsmechanik. - 4. Hans Driesch: von der Entwicklungsphysiologie zur Philosophie des Organischen. - 5. Ausblick. - 6. Zusammenfassung. - 7. Anmerkungen. - 8. Literatur. - 9. Anhang.

MONESI, V. - ISTOLOGIA
Piccin Editore, Padova, 1976
XVI+862 pp., figs. and tables, L. 25.000

Questo libro nasce dalla necessità di offrire agli Studenti di Medicina e di Scienze biologiche e Scienze naturali una sintesi aggiornata degli aspetti più importanti della Citologia e dell'Istologia. Sebbene sia fondamentalmente destinato agli Studenti dei primi anni di Medicina e di Scienze biologiche e Scienze naturali per lo studio dell'Istologia e per la preparazione dell'esame universitario, questo Trattato può essere utile anche agli Studenti degli anni più avanzati del corso di laurea come base per affrontare lo studio di altre discipline. Il libro è suddiviso in tre parti. La prima parte tratta succintamente dell'organizzazione generale del protoplasma, della composizione chimica delle cellule e dei tessuti e dei metodi di studio in citologia ed istologia. In essa sono esposti soltanto i concetti generali indispensabili per la comprensione dell'organizzazione della cellula e dei tessuti; per una trattazione più completa lo studente dovrà consultare i testi specializzati. La seconda parte è rivolta allo studio della organizzazione generale delle cellule superiori. La descrizione della struttura e dell'ultrastruttura della cellula e dei suoi organuli è presentata criticamente alla luce delle recenti conoscenze di biologia cellulare, di citochimica, di citologia molecolare e di citogenetica che, come si è detto, sono parte integrante della citologia moderna. La terza parte, infine, è dedicata allo studio dei tessuti. Vi sono esposte e discusse le proprietà strutturali e funzionali di cellule differenziate e sono descritte le modalità di associazione delle cellule nei diversi tessuti. I vari capitoli sono corredati da una vasta bibliografia che può essere utile allo studente che voglia approfondire argomenti particolari o allo studioso come guida per uno studio specializzato. La descrizione delle strutture e delle ultrastrutture della cellula e dei tessuti è integrata da una ricca iconografia che si spera possa facilitare la comprensione dei vari argomenti trattati.

MONEY, D. C. - POPOLAZIONE E AMBIENTE
Atlante iconografico di geografia umana
Zanichelli, Bologna, 1976
VIII+152 pp., figs. and tables, L. 5.200

CONTENTS. - 1. Gli elementi dell'ambiente. - 2. L'ambiente atmosferico. - 3. L'idrosfera. - 4. La litosfera. - 5. Gli elementi biotici. - 6. L'uomo come parte dell'ambiente.

MONNA, A. F. - DIRICHLET'S PRINCIPLE
A mathematical comedy of errors and its influence on the development of analysis
Oosthoek, Scheltema and Holkema, Utrecht, 1975
VII+138 pp., figs. and tables, Dfl. 35,—

CONTENTS. - I. The origins of potential theory. - II. Variational principles. - III. Criticism and the developments in post critical years. - IV. Hilbert and the calculus of variations. - V. Complex functions and potentials. - VI. Functional-analytic approach. - VII. Modern development.

MONNA, A. F. - FUNCTIONAL ANALYSIS IN HISTORICAL PERSPECTIVE
Oosthoek Publishing Company, Utrecht, 1973
VIII+167 pp., Dfl. 30,—

CONTENTS. - I. The development of functional analysis. 1. Infinite systems of linear equations. - 2. Integral equations. - 3. The problem of moments. - 4. Supplementary remarks on the work of Hilbert, Riesz and Helly. - 5. Axiomatics. - 6. Operator theory. - II. The development of the notion of a linear space. 1. Bolzano. - 2. Laguerre. - 3. Grassman. - 4. Peano. - III. General analysis. 1. The Italian school. - 2. General analysis. - 3. Critical remarks. - IV. Some characteristic topics. 1. The theorem of Weierstrass. - 2. Banach algebras. - 3. Haar measure. - 4. Germs of functions. - 5. Non-archimedean analysis. - 6. Classical problems. - 7. Some fundamental theorems in functional analysis.

MONTGRAIN, C. - LA MICROSCOPIE DES LIQUIDES BIOLOGIQUES ET PATHOLOGIQUES À L'ÉTAT FRAIS
Series: Techniques de base
Maloine S.A. Editeur, Paris, 1975
62 pp., figs., Fr. 42

Cet ouvrage est destiné au chef de laboratoire et aux technologistes qui exécutent des examens microscopiques à l'état frais. Les nombreux détails, figures et planches le rendent essentiellement pratique et suppose que le lecteur a des connaissances élémentaires préalables.

CONTENTS. - 1. Introduction. - 2. Le microscope. - 3. Les substances commerciales. - 4. Le culot de centrifugation de l'urine. - 5. Les selles. - 6. L'examen microscopique du liquide synovial. - 7. Le liquide duodénal (bile). - 8. Bibliographie.

MÜLLER, P. (ed.) - NEOTROPISCHE ÖKOSYSTEME
Festschrift zu Ehren von Harald Sioli
Series: Biogeographica, Vol. 7
Dr. W. Junk b.v. Publishers, The Hague, 1976
XVI+207 pp., figs. and tables, Dfl. 65,—

Daher werden in diesem Band vorwiegend ökologische und biogeographische Fragen der südamerikanischen Tropen behandelt. Limnische Oekosysteme des Amazonasgebietes stehen dabei im Mittelpunkt. Ausserdem weerdn komplexere Problemen der Biosphärenforschung wie die wechselseitigen Wirkungsbeziehen zwischen aquatischen und terrestrischen Komponenten der tropischen Landschaftsräume angesprochen.

MUNARI, B. (ed.) - LA SCOPERTA DEL TRIANGOLO
Jeries: Quaderni di design, Vol. 2
Zanichelli, Bologna, 1976
112 pp., figs. and tables, L. 3.800

Il volume è una raccolta di dati sul triangolo solamente equilatero. C'è anche il triangolo equilatero con tutti e tre gli angoli retti ed è un triangolo sferico, secondo la geometria di Lobacewsky. Il triangolo come modulo spaziale e quindi come modulatore di spazi architettonici, il triangolo come simbolo, il triangolo in ogni campo delle attività umane, la strutturazione triangolare nelle arti e nelle decorazioni di vari paesi, la triangolazione spaziale a tre dimensioni. Tutto il materiale è esposto sotto forma di catalogo o di manuale e quindi può essere materiale utile per professionisti, studi di design o di progettazione grafica, insegnanti di educazione artistica o di educazione tecnologica e chiunque si interessi di comunicazione visiva e progettazione.

*** NIELS BOHR COLLECTED WORKS
The Correspondence Principle (1918-1923), Vol. 3
North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1976
XII+702 pp., Dfl. 275.00

The present volume consists of two parts, the first containing the papers and manuscripts, preceded by an introduction, while the second presents, in the same disposition as in Volume 2, the complete original texts of the letters quoted in full (when not English) or in part in the introduction. The title of the first part emphasizes the dominating role played by the correspondence principle in Bohr's attempt to apply the quantum postulates consistently to atomic systems in which the motions of the electrons were quite generally described as conditionally periodic; while the stationary states of such systems could be defined by quantum conditions involving their adiabatic invariants, it was the correspondence principle — Bohr's most original contribution to the theory — which afforded guidance in the derivation of the radiative properties.

OESER, E. - WISSENSCHAFT UND INFORMATION
Wissenschaftstheorie und empirische Wissenschaftsforschung, Vol. 1
Series: Scientia nova
R. Oldenbourg Verlag, München, 1976
160 pp., DM 21,—

CONTENTS. - 1. Wissenschaftstheorie als rekonstruktives Erklärungssystem. - 2. Deskriptive Wissenschaftsgeschichte. - 3. Beweistheorie. - 4. Heuristik, Begründungstheorie und Bestätigungstheorie. - 5. Wissenschaftspsychologie und Wissenschaftssoziologie. - 6. Wissenschaftsmessung und Wissenschaftsstatistik. - 7. Wissenschaft als Informationsproblem. - 8. Die Evolution der Wissenschaft und ihre Erklärung durch die Informationstheorie.

OLIVA, L. - MANUALE DI ECOTOMOGRAFIA
Piccin Editore, Padova, 1976
XVI+290, figs. and tables, L. 30.000

CONTENTS. - I. Caratteristiche fisiche degli ultrasuoni. Apparecchi per ecografia. 1. Caratteristiche fisiche degli ultrasuoni. - 2. Apparecchi per ecografia. - II. Metodo Ecotomografico. Semeiotica e Semantica ecotomografica. 3. Metodo Ecotomografico. - 4. Semeiotica e Semantica ecotomografica. - III. Applicazioni diagnostiche degli ultrasuoni in medicina e chirurgia. 5. Tiroide. - 6. Mammella. - 7. Fegato. - 8. Colecisti e vie biliari. - 9. Milza. - 10. Pancreas. - 11. Rene. - 12. Linfonodi. - 13. Vasi. - 14. Altre indicazioni dell'ecotomografia. - IV. Applicazioni diagnostiche degli ultrasuoni in ostetricia e ginecologia. 15. Applicazioni diagnostiche degli ultrasuoni in ostetricia e ginocologia. - 16. Esami ultrasonici in ginecologia. - 17. Esami ultrasonici in ostetricia.

ORAM, S. - CARDIOLOGIA CLINICA
Piccin Editore, Padova, 1976
XVI+786 pp., figs. and tables, L. 38.000

L'autore ha scritto questo libro di cardiologia clinica ad uso soprattutto dei medici che non fanno della Cardiologia la loro specialità, cioè degli internisti con interessi cardiologici. Il manuale in questione è tuttavia frutto di una lunga e meditata esperienza (che l'Autore ha svolto nel King's College Hospital), non soltanto nello studio clinico del cardiopatico ma mettendo a confronto la clinica e la diagnostica tradizionale (elettrocardiografia e radiologia soprattutto) con il quadro emodinamico. Quest'opera interesserà ad una larga classe di medici italiani, a studenti del triennio clinico ed a specialisti cardiologi.

ORLANDI, C. and BOVICELLI, L. - IL CONTROLLO DELLA MALATTIA GENETICA
Piccin Editore, Padova, 1976
X+292 pp., figs. and tables, L. 20.000

Questo libro ha il proposito di offrire al medico, soprattuto al ginecologo e al pediatra puericultore, al sociologo, allo studente in medicina e a coloro che si interessano di problemi sanitari, un testo essenziale, di facile lettura e comprensione che consenta di conoscere e apprendere le possibilità oggi offerte dalla genetica nel campo della diagnosi e della prevenzione delle malattie ereditarie e cromosomiche.

PACAULT, A. and VIDAL, C. - À CHACUN SON TEMPS
Series: Nouvelle Bibliothèque Scientifique
Flammarion Editeur, Paris, 1975
292 pp., tables, No price stated

Les auteurs de ce livre ont voulu traiter les aspects variés qui peuvent se regrouper sous deux grandes rubriques: d'une part le temps qui est le même pour tous, d'autre part le temps que chacun a ou désire avoir en propre.

CONTENTS. - I. Le même temps pour tous. 1. La définition du temps. - 2. Le temps conceptuel de la Mécanique. - 3. Le temps atomique. - 4. Les temps astronomiques. - 5. Echelles et unités de temps. - 6. La distribution du temps. - 7. La mesure du

temps et son histoire. - 8. Histoire de la division du temps. - 9. Le temps thermodynamique. - II. A chacun son temps. 10 Le temps des évolutions. - 11. Les rythmes. - 12. Le temps psychologique. - 13. Les cadences et le temps socio-économique. - 14. A chacun son temps.

PEARCE, J. and GLYNN, E. - STEREOCHEMISTRY
An introductory programme with models
John Wiley and Sons, London, 1976
VI+172 pp., tables, £2.75

The authors have attempted to help students in stereochemistry producing a programmed kit which will enable students to develop their individual strategies for looking at molecular shape. The programmed kit was constructed and tried out with many students following ONC, HNC, GRIC Part I, PGCE, B.Ed., general and special Science degrees in a number of different institutions. As a result of these extensive trials the programme received six major revisions over a period of two or three years. One particularly valuable form of feedback came from reviews of the programme, which helped the authors to clarify the real aims and objectives and to reconsider the sequence of learning, which too often was influenced by the familiar and traditional approaches to stereochemistry.

PENNER, S. S. (ed.) - ENERGY
Nuclear Energy and Energy Policies, Vol. 3
One of Three-Volume Set of Lecture Notes
Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Reading, 1976
XXXVI+714 pp., tables, $16.50

Volume 3 of this series of lecture notes deals with nuclear energy technologies and with energy policy. It differs from the preceding volumes in the following respect: the contents include contributions by separately identified authors and thus may not show the same coherent level of exposition which was hopefully achieved in the earlier volumes. The subject matter under discussion is, however, so diverse that multiple authorship appeared to be essential in order to achieve authoritative coverage. The reader will find the discussion on nuclear fission-energy (except for the Appendix) to be largely descriptive and generally suitable for use in a lower division course. On the other hand, the remaining material in Chapter 21, as well as the exposition of fusion energy, are addressed to upper division physical science majors. The discussion of energy policies is predicated on the assumption that he reader has attained some sophistication concerning the analysis of energy problems.

PEUSNER, L. - PRINCIPI DI BIOENERGETICA
Piccin Editore, Padova, 1976
XII+302 pp., tables, L. 8.000

Peusner, docente di bioenergetica ad Harvard, aiuta il lettore a comprendere i fondamenti termodinamici della bioenergetica: dai flussi di materia e di energia, che collegano tra loro le comunità ecologiche, alla trasmissione dell'informazione

da una generazione all'altra, dalle trasformazioni dell'energia chimica degli alimenti in altre forme di energia per svolgere importanti lavori biologici. Il merito dell'autore è quello di non essersi limitato a considerazioni «riduttive» biochimico-molecolari, ma di aver tentato di ricostruire l'interesse termodinamico per le biostrutture e per gli equilibri tra gli esseri viventi in comunità ecologiche esposte al rischio di inquinamenti di natura varia (chimico, termico, ecc.).

CONTENTS. - 1. Energia, Termodinamica e Processi Vitali. - 2. Prima Legge della Termodinamica. - 3. Direzione dei Processi Naturali: Entropia ed Energia Libera. - 4. Interpretazione Microscopica delle Grandezze Termodinamiche. - 5. L'Energia Libera in Biologia Molecolare e in Bioenergetica. - 6. Il Potenziale Elettrochimico come Misura dell'Equilibrio Biologico: Pressione Osmotica, Potenziali di Nernst e di Donnan. - 7. Il Potenziale Chimico in Azione: Diffusione. - 8. Teoria dell'Informazione, Codici, e Messaggi. - 9. Teoria dell'Informazione e Biologia. - 10. Efficienza Termodinamica, Macchine Biologiche e Meccaniche. - 11. Efficienza Termodinamica ed Ecologia. - 12. Concetti Matematici in Termostatica ed in Termodinamica del Non-equilibrio.

*** PHYSICS OF QUANTUM ELECTRONICS
Laser Induced Fusion and X-Ray Laser Studies, Vol. 3
Laser Photochemistry, Tunable Lasers, and Other Topics, Vol. 4
Addison Wesley Publishing Company, Reading, 1976
XII+668 pp., and XII+470 pp., tables, $27.50 and $23.50 respectively

These are the third and fourth volumes in the serial publication, Physics of Quantum Electronics. The contributions are based on lectures presented by leading scientists at the Physics of Quantum Electronics Summer School, which is held alternate summers in various parts of the Western United States. Volumes III and IV are based on lectures given at the Santa Fe, New Mexico, session in 1975. The spirit of the school and the published proceedings is the tutorial presentation of recent developments in quantum electronics from first principles. In this way the frontiers in each speciality is made more accessible.

PICCINNI, L. - LE STENOSI CICATRIZIALI DELLA VIA BILIARE PRINCIPALE
Piccin Editore, Padova, 1976
256 pp., figs. and tables, L. 30.000

Quest'opera, concepita come testo introduttivo alla chirurgia riparatrice, è divenuta ora una realtà e sintetizza in modo non convenzionale, arricchendola, una materia discussa ed interessante che tocca i temi di fondo delle lesioni post-operatorie della via biliare principale. Il testo non si limita ad una esposizione riassuntiva della materia, ma offre allo studioso precise analisi critiche delle concezioni teoriche più rilevanti, senza peraltro trascurare le esigenze di una impostazione manualistica intesa a inquadrare in una più ampia prospettiva scientifica temi e contributi da tempo dibattuti nei congressi italiani e stranieri. L'Autore, che ha seguito in quest'ultimo decennio l'evolversi della chirurgia riparatrice biliare, porta un valido contributo clinico-sperimentale puntualizzando numerosi problemi, talvolta insoluti e tuttora aperti.

CONTENTS. - 1. Elementi di anatomia del fegato e delle vie biliari. - 2. Anatomia patologica. - 3. Etio-patogenesi. - 4. Quadro clinico. - 5. Diagnosi. - 6. Prevenzione. Trattamento. - 7. Fisio-patologia della chirurgia riparatrice biliare. - 8. Tecniche e risultati (A). - 9. Tecniche e risultati (B). - 10. Anastomosi bilio-digestive extra ed intra-epatiche (centrali e periferiche). - 11. Stenosi biliare e ipertensione portale. Drenaggi endoluminali. Ricostruzione della via biliare con protesi sintetiche e biologiche. - 12. Prognosi. Conclusioni.

PISTOR, M. - ABRÉGÉ DE MÉSOTHÉRAPIE DU PRATICIEN
Maloine S.A. Editeur, Paris, 1976
112 pp., tables, Fr. 65

Outil de travail quotidien pour le généraliste, ce livre a le mérite d'être clair et concis. Beaucoup de dessins, de sigles et d'abréviations, très peu de texte, donnent le maximum d'informations utiles. La lecture simultanée du dépliant et du livre est nécessaire, et le praticien pourra très vite acquérir dans ce 'Digest' les bases nécessaires à ses premiers traitements.

RABIN, H. M. and ROSENBAUM, M. (eds.) - HOW TO BEGIN A PSYCHOTHERAPY GROUP: SIX APPROACHES
Gordon and Breach Science Publishers, London, 1976
140 pp., £7.10

This book discusses the formation and beginning of psychotherapy groups and examines the treatment of a number of social problems through group therapy. Of interest to group psychotherapists, psychoanalysts, psychiatrists, social scientists, social workers and group managers.

RAYMOND, P. - DE LA COMBINATOIRE AUX PROBABILITÉS
La combinatoire de Cardan à Jacques Bernoulli
François Maspéro, Paris, 1975
173 pp., No price stated

CONTENTS. - I. L'avant-scène philosophique. 1. Avant le calcul. - 2. La naissance du calcul. - 3. Le noeud humien. - 4. Quelques thèmes philosophiques. - II. Un cas d'histoire des sciences. 1. Constitutions tardive. - 2. Difficultés d'accès. - 3. Raisons des difficultés. - III. Première étape: Pascal. 1. Problèmes de mathématisation. - 2. Les rapports intra-mathématiques. - 3. Les formes philosophiques de fonctionnement. - IV. Huygens. - V.Leibniz. 1. La combinatoire. - 2. La logique. - 3. La langue et la caractéristique universelles. - 4. Les mathématiques. - 5. Les probabilités. - VI. Jacques Bernoulli. 1. Remarques sur le traité de Huygens. - 2. La doctrine de Bernoulli sur les combinaisons. - 3. Les applications des probabilités et la loi des grands nombres.

RICKLEFS, R. E. - ECOLOGIA
Zanichelli, Bologna, 1976
XVI+744 pp., figs. and tables, L. 15.800

CONTENTS. - I. Introduzione. 1. Ecologia: teoria e metodo. - 2. L'ordine della natura. - 3. Come percepiamo e comprendiamo il nostro ambiente. - II. Selezione naturale e adattamento. 4. Dimostrazione della selezione naturale. - 5. Ambiente e adattamento. - 6. Risposte non evolutive e variazioni ambientali. - 7. La natura dell'adattamento. - III. Ecologia degli organismi: l'ambiente fisico. 8. Proprietà ed esigenze basilari della vita. - 9. Ambiente acquatico e ambiente terrestre. - 10. Variazioni spaziali nell'ambiente. - 11. Variazioni temporali nell'ambiente. - 12. Ambiente, adattamento e distribuzione degli organismi. - 13. Regolazione e omeostasi. - 14. La percezione dell'ambiente. - 15. Il senso del tempo. - VI. Ecologia degli organismi: l'ambiente biologico. 16. Relazioni fra preda e predatore. - 17. La competizione. - 18. L'ambiente sociale. - 19. L'ambiente sessuale. - 20. Strategie delle modalità di vita. - 21. Gli insetti sociali. - 22. L'integrazione di popolazioni. - V. Genetica ecologica ed evoluzione. 23. Charles Darwin e la teoria dell'evoluzione. - 24. La natura dell'ereditarietà. - 25. Variabilità genetica nelle popolazioni naturali. - 26. L'organizzazione della variabilità. - 27. La distribuzione spaziale della variabilità nelle popolazioni. - 28. Speciazione. - 29. La storia dell'evoluzione. - VI. Genetica delle popolazioni. 30. La capacità di accrescimento e la distribuzione d'età delle popolazioni. - 31. La selezione naturale. - 32. La velocità dell'evoluzione. - 33. Carico genetico e costo dell'evoluzione. - 34. L'evoluzione delle caratteristiche delle popolazioni. - VII. Ecologia delle popolazioni. 35 Accrescimento e regolazione della popolazione. - 36. Interazioni competitive. - 37. Interazioni predatori-prede. - 38. Risposte evolutive. - VIII. Ecologia delle comunità. 39. Ecologia di comunità. - 40. La produttività primaria. - 41. Il flusso di energia dell'ecosistema. - 42. Il ciclo degli elementi produttivi. - 43. Il numero delle specie nelle comunità. - 44. Abbondanza relativa di specie. - 45. Complessità dell'organizzazione della comunità. - 46. Dinamica della struttura di comunità: successione e stabilità.

ROMANI, L. - THÉORIE GÉNÉRALE DE L'UNIVERS PHYSIQUE (RÉDUCTION À LA CINÉMATIQUE)
Applications, Vol. 2
Librairie Scientifique et Technique Albert Blanchard, Paris, 1976
VI+208 pp., tables, Fr. 60

CONTENTS. - IV. Particules. 1. Rappels du tome premier. - 2. Programme du livre IV. - 3. Tourbillons simples. - 4. Systèmes doubles. - 5. Résumé des particules simples. - 6. Systèmes triples ou quadruples. - 7. Systèmes complexes. - V. Matière. 1. Programme du livre V. - 2. Noyaux. - 3. Couches électroniques. - 4. Phénomènes quantiques. - 5. Radioactivité. - 6. Optique. - VI. Evolution. 1. Production de tourbillons. - 2. Evolution macroscopique. - 3. Evolution microscopique. - 4. Conséquences astronomiques de l'évolution. - 5. Evolution et thermodynamique. - VII. Pour conclure. 1. Confrontation avec les théories usuelles. - 2. Prospective. - 3. Conclusion.

ROSENBAUM, M. B., ELIZARI, M. V. and LAZZARI, J. O. - GLI EMIBLOCCHI
Piccin Editore, Padova, 1976
XVI+668 pp., figs. and tables, L. 40.000

In questo volume, che riassume quindici anni di studio e di esperienza clinica, gli Autori affrontano specificatamente il problema degli emiblocchi che, insieme all'infarto del miocardio, le ipertrofie ventricolari, i blocchi di branca e le aritmie, è divenuto uno degli argomenti di maggior rilievo nel campo della elettrocardiografia. In quest'opera gli specialisti e gli studiosi potranno trovare le soluzioni diagnostiche di innumerevoli problemi elettrocardiografici, nonché il significato e la prognosi di disturbi di conduzione intraventricolare e anche nuovi indirizzi di sperimentazione e ricerca per vecchi problemi di elettrofisiologia cardiaca.

*** SADI CARNOT ET L'ESSOR DE LA THERMODYNAMIQUE
Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 1976
436 pp., tables, No price stated

CONTENTS. - I. L'oeuvre de Sadi Carnot et son influence sur l'essor de la thermodynamique. - II. Situation actuelle de la thermodynamique. - III. Thermodynamique et biologie. - IV. Thermodynamique et économie. - V. Le principe de Carnot et la philosophie.

SAIER, M. H. JR. and STILES, C. D. - MOLECULAR DYNAMICS IN BIOLOGICAL MEMBRANES
Series: Heidelberg Science Library, Vol. 22
Springer-Verlag, Berlin, 1975
XVI+130 pp., figs. and tables, DM 13,80

CONTENTS. - 1. Introduction: Cell Structure and Function. - 2. Constituents of Biological Membranes. - 3. Structures of Membranes and Serum Lipoprotein Complexes. - 4. Biological Consequences of Membrane Fluidity and Fusion. - 5. Transmembrane Solute Transport Mechanisms. - 6. Sensory Perception I: Chemoreception. - 7. Sensory Perception II: Transmission Mechanisms. - 8. Hormonal Regulation of Cellular Metabolism. - 9. Cell Recognition. - 10. Role of the Plasma Membrane in Growth Regulation and Neoplasia.

SAUSSURE, F. DE - CORSO DI LINGUISTICA GENERALE
Editori Laterza, Bari, 1976
XL+491 pp., tables, L. 3.500

CONTENTS. - 1. Principi generali. - 2. Linguistica sincronica. - 3. Linguistica diacronica. - 4. Linguistica geografica. - 5. Questioni di linguistica retrospettiva. Conclusioni.

SAVAGE, R. J. G. and CORYNDON, S. C. (eds.) - FOSSIL VERTEBRATES OF AFRICA, Vol. 4
Academic Press, London, 1976
XII+338 pp., figs. and plates, £18.20

The fourth volume of this series provides further thorough and careful descriptions of the vast collection of African fossil vertebrates that have been found during the last thirty years. These remarkable discoveries have been the reward of an ex-

tensive programme of field research carried out in various parts of Africa, and range from the Miocene to the Pleistocene ages. They are mainly the fossils of creatures that were contemporary with early man or his pre-human ancestors, and the papers contained in this and in previous volumes, all written by leading specialists in the relevant areas of research, offer great insight into the significance of the finds. The papers in this series will interest palaeontologists, anthropologists, zoologists and geologists.

SCHNELL, J. D. - CITOLOGIA E MICROBIOLOGIA DELLA VAGINA
Piccin Editore, Padova, 1976
90 pp., figs., L. 22.000

Partendo dal concetto che la diagnostica citologica e batteriologica vaginale non devono rimanere esclusivamente nell'ambito di centri diagnostici ma far parte della normale prassi routinaria del ginecologo, lo Schnell ha preparato un manuale atlante che in poche pagine e con tante illustrazioni scelte, ai fini didattico-diagnostici, tratta in modo sintetico quanto completo la diagnostica vaginale citologica e batteriologica nelle sue parti fondamentali. Praticità e precisione scientifica, nell'ambito di una trattazione ridotta all'essenziale, costituiscono le doti caratteristiche di questa opera che veramente appare di preziosa utilità per il ginecologo nell'esercizio pratico della professione.

CONTENTS. - 1. Citologia vaginale. 1. Citologia funzionale. - 2. Ricerca di neoplasie. - II. Microbiologia vaginale. 1. Diagnostica. - 2. Quadro microbico dello striscio vaginale. - 3. Prospetto delle misure diagnostiche e terapeutiche delle infezioni vaginali.

SHIRKEY, H. C. - TERAPIA PEDIATRICA
Piccin Editore, Padova, 1976
XXIV+1402 pp., figs. and tables, L. 35.000

Questa edizione italiana, specchio fedele di quanto hanno voluto scrivere gli Specialisti d'oltre Oceano, consentirà al Medico Italiano ed, ancor più, al Pediatra ed al Chirurgo Pediatra di seguire esattamente il filo di logica e gli indirizzi terapeutici dei singoli Autori. Si tratta dei più noti competenti d'America in materia di terapia infantile, non solo medica ma anche chirurgica. Il campo della patologia chirurgica dell'infanzia — dalle affezioni congenite ed acquisite del neonato e del lattante a quelle delle età successive — risulta esaurientemente trattato. A maggior chiarimento della parte applicativa farmacoterapeutica, è stato completamente modificato l'elenco finale dei farmaci e delle specialità medicinali, il quale risulta con il nome delle principali specialità utilizzate nel nostro paese.

SHOEMAKER, W. C. and TAVARES, B. M. (eds.) - TECHNICAL, MEDICAL AND EDUCATIONAL PROBLEMS OF ACUTE CARE
Series: Current Topics in Critical Care Medicine, Vol. 2
S. Karger, Basel, 1977
VI+174 pp., figs. and tables, SFr. 49.—

This volume, a record of the proceedings of the Fourth International Symposium on Acute Care, will do much to satisfy the need for an authoritative, practical guide to technical, medical and educational problems. The book is divided into four sections which take the reader through these problems in a dialogue among international experts. The first is a presentation and discussion of vital new methods and techniques for the monitoring of critically ill patients. Physiologic and metabolic aspects of critical illness, covered in the second section, are presented as an indispensable aid to treatment and evaluation. A third section, addressed to the therapy of critical illness, provides a wealth of information covering the use of various agents, techniques, and equipment in the treatment of specific diseases and injuries. The final section discusses practical problems related to administration and education in the intensive care unit.

SMITH, R. A. (ed.) - VERY HIGH RESOLUTION SPECTROSCOPY
Academic Press, London, 1976
XVI+276, figs. and tables, £9.80

CONTENTS. - 1. High Resolution Atomic Spectronopy by means of Tunable Lasers, by P. JACQUINOT. - 2. High Resolution Infrared Spectroscopy: The Spin-Flip Raman Laser, by S. D. SMITH. - 3. Photon Correlation Spectroscopy, by E. R. PIKE. - 4. High Resolution Tunable Infrared Lasers, by A. MOORADIAN. - 5. Generation and Measurement of Ultra-short Pulses, by D. J. BRADLEY. - 6. Ultra-short Pulse Interaction Studies, by W. KAISER. - 7. Coherent Optical Spectroscopy, by R. G. BREWER. - 8. Nonlinear Optical Techniques for Generation of VUV and Soft X-Ray Radiation, by S. E. HARRIS. - 9. High Resolution Astronomy between Three Microns and Three Millimetres, by C. H. TOWNES. - 10. Photoelectron Spectroscopy in the Study of Molecular Orbitals, by W. C. PRICE - 11. Spectroscopy Within the Cell, by B. CHANCE, P. L. DUTTON and J. S. LEIGH. - 12. Computer Techniques for Spectroscopy , by E. J. MILLETT.

SOIFER, D. (ed.) - THE BIOLOGY OF CYTOPLASMIC MICROTUBULES
Series: Annals of the New York Academy of Sciences, Vol. 253
The New York Academy of Sciences, New York, 1975
848 pp., figs. and tables, $51.00

CONTENTS. - I. The Structure of Microtubules. - II. Studies of Microtubule Assembly. - III. The Pharmacology of Antimitotic Drugs. - IV. The Purification and Properties of Microtubule Protein (Tubulin). - V. Tubulin Pools and the Regulation of Assembly. - VI. The Mitotic Apparatus. - VII. Microtubules and Cell Surface Organization. - VIII. Microtubules and Axonal Transport. - IX. Nucleotide-Tubulin Interactions. - X. Microtubules and Humoral Secretion. - XI. Microtubules and Pigment Cell Function. - XII. Microtubules and the Secretory Process.

SOUTHWORTH, H. N. - INTRODUCTION TO MODERN MICROSCOPY
Series: The Wykeham Science Series
Wikeham Publications, London, 1975
XII+218 pp., figs. and tables, £3.00

CONTENTS. - 1. Image Formation. - 2. Optical Microscopy. - 3. Advanced Techniques in Optical Microscopy. - 4. Electron Microscopy. - 5. X-Ray Microscopy and Microanalysis. - 6. Emission Microscopy. - 7. Diffraction and Spectroscopy. - 8. Future Microscopy.

STEWART, W. D. P. (ed.) - NITROGEN FIXATION BY FREE-LIVING MICRO-ORGANISMS
Series: International Biological Programme, Vol. 6
Cambridge University Press, Cambridge, 1975
XXII+471 pp., figs. and tables, £13.50

This volume provides information, presented at an international symposium in Edinburgh, on the free-living nitrogen-fixing bacteria and blue-green algae. In addition to information on the distribution of the nitrogenase enzyme within these groups, their role in the soil and in aquatic ecosystems is considered, as are the methods of measuring nitrogen fixation. Particular attention is paid to the biochemistry of the process, much of which has been elucidated using free-living nitrogen-fixing organisms.

TAZIEFF, H. - VULCANI E TETTONICA
Dal vulcanismo alla deriva dei continenti
Series: Biblioteca di Monografie Scientifiche, Vol. 41
Zanichelli, Bologna, 1976
122 pp., figs. and tables, L. 1.500

CONTENTS. - Il vulcanismo e le migrazioni continentali. - 2. Il vulcanismo sottomarino. - 3. Laghi o stagni di lava. - 4. L'Etna e la previsione vulcanologica. - 5. Ignimbriti. - 6. Caldere.

TELFORD, W. M., GELDART, L. P., SHERIFF, R. E. and KEYS, D. A. - APPLIED GEOPHYSICS
Cambridge University Press, Cambridge, 1976
XVIII+860 pp., figs. and tables, £26.00

This textbook of exploration geophysics describes the various methods that are available for locating deposits of oil, natural gas and minerals. The coverage is comprehensive, treating gravity, magnetic, seismic, radiometric, and a range of electrical and electromagnetic methods and also measurements in boreholes. Each technique is illustrated by examples and problems taken from actual field surveys to illustrate how it may be applied in practical situations. The book will be a valuable work of reference for exploration geophysicists, while also serving as a textbook for students, most of whom will be at the graduate level.

THELLIEZ, S. - INTRODUCTION TO THE STUDY OF TERNARY SWITCHING STRUCTURES
Series: Information and Systems Theory, Vol. 4
Gordon and Breach Science Publishers, London, 1975
XII+188 pp., tables, £7.60

CONTENTS. - 1. Ternary functions and three-valued switching structures. - 2. Decomposition of ternary functions. - 3. Synthesis of ternary combinatorial structures. - 4. Realisation of ternary logic circuits. - 5. Synthesis of ternary sequential structures. - 6. Applications of ternary logic. - 7. Conclusions. - 8. Annotated bibliography.

*** THE SCIENCE OF ASTRONOMY
Harper and Row, Publishers, New York, 1974
XIV+466 pp., figs. and tables, £4.75

CONTENTS. - 1. The Lure of Astronomy. - 2. The Visible Sky. - 3. The Nature and Use of Light. - 4. The Workings of the Solar System. - 5. The Moon, our Nearest Neighbor. - 6. Planets and Satellites. - 7. Other members of the Solar System. - 8. The Sun. - 9. The Stars as Individuals. - 10. Groups of Stars. - 11. Gas and Dust: Stellar Evolution. - 12. The Milky Way. - 13. Galaxies and Quasars. - 14. Cosmology.

THIBERT, M. and LECA-CHETOCHINE, F. - CARDIOLOGIE PRATIQUE DE L'ENFANT
Maloine S.A. Editeur, Paris, 1976
514 pp., figs. and tables, Fr. 180

Dans ce volume on traite d'une façon concise les aspects cliniques, hémodynamiques et chirurgicaux des cardiopathies de l'enfant. La première partie de cet ouvrage aborde les données générales: examen clinique de l'enfant cardiaque, cathétérisme et angiocardiographie, échocardiographie, techniques chirurgicales. La deuxième partie est consacrée aux cardiopathies congénitales décrites selon une classification très claire. La troisième partie étudie les cardiopathies acquises et les troubles du rythme. La dernière partie consacrée aux 'notions pratiques' est également l'un des éléments intéressants de ce livre: les questions que l'on pose au pédiatre ou au cardiologue trouvent ici leur réponse.

TOWNSEND, A. A. - THE STRUCTURE OF TURBULENT SHEAR FLOW
Series: Cambridge Monographs on Mechanics and Applied Mathematics
Cambridge University Press, Cambridge, 1975
XII+430 pp., tables, £15.50

The original edition of Dr Townsend's book was the first to attempt a systematic and comprehensive discussion of all kinds of turbulent motion and to provide a reliable analysis of the processes which occur. This new edition is completely revised to take into account developments since 1955. The theory and associated concepts are applied to the description of a variety of flows: free turbulent flows such as wakes and jets, wall flows in pipes and boundary layers, flows affected by buoyancy forces such as heat plumes and the atmospheric boundary layer and flows with curved streamlines. This monograph should appeal to practitioners and researchers in engineering, meteorology, oceanography, physics and applied mathematics.

VITAGLIANO, M. - INDUSTRIE AGRARIE
UTET, Torino, 1976
XVI+756 pp., figs. and tables, L. 28.000

CONTENTS. - I. Industria enologica. 1. Cenni storici. - 2. La vitivinicoltura nel mondo e nella CEE. - 3. L'uva. - 4. La maturazione dell'uva. - 5. Fermentazione alcoolica. - 6. Fermentazione malolattica. - 7. Lo stabilimento enologico. - 8. La vinificazione. - 9. L'anidride solforosa in enologia. - 10. Svinatura e torchiatura. - 11. Cure al mosto-vino. - 12. Il vino. - 13. Intorbidamenti colloidali del vino. - 14. Limpidezza del vino. - 15. Stabilizzazione dei vini. - 16. Correzione dei vini. - 17. Invecchiamento dei vini. - 18. Difetti e alterazioni dei vini. - 19. Aceto. - II. Industria lattiero-casearia. 1. Cenni storici e statistici. - 2. Il latte. - 3. Le proteine del latte. - 4. I componenti minori del latte. - 5. Lo stabilimento lattiero-caseario. - 6. I sistemi di conservazione del latte. - 7. La crema e il burro. - 8. Il formaggio. - 9. Tecnologia di alcuni fra i più importanti formaggi italiani. - III. Industria olearia. 1. Cenni storici. - 2. I lipidi. - 3. I trigliceridi. - 4. I gliceridi dei grassi vegetali. - 5. I costituenti non gliceridi delle sostanze grasse. - 6. Biosintesi dei lipidi. - 7. La materia prima. - 8. Estrazione dell'olio. - 9. Le più importanti sostanze grasse alimentari. - 10. Le più comuni costanti chimico-fisiche delle sostanze grasse. - 11. Estrazione dell'olio dalle olive. - 12. Difetti e alterazioni delle sostanze grasse. - 13. Rettificazione degli oli. - 14. Sottoprodotti dell'industria olearia.

VANNOTTI, A. - LE CATENE DI PROMETEO
Zanichelli, Bologna, 1976
VIII+124 pp., L. 2.800

CONTENTS. - 1. L'uomo moderno di fronte alle proprie responsabilità. - 2. Le angosce dell'uomo moderno. - 3. Le nostre origini, il nostro destino. - 4. In cerca di soluzioni.

VON GRUNEBAUM, G. E. - ISLAM AND MEDIEVAL SOCIAL AND CULTURAL PERSPECTIVES
Variorum Reprints, London, 1976
XIV+420 pp., No price stated

This volume collects eighteen studies in English, one in French, one in German, written between 1937 and 1970. A life-long study by the late Professor von Grunebaum of the Greek elements in Islamic culture and the tracing of parallels and divergences between Islam and Byzantium in the use of their common Hellenic heritage. Based on subtle and all-embracing researches into related aspects of ancient and medieval civilizations in the East Mediterranean world; this volume utilizes the materials and methods of philosophy, religion, literature, urban and social history.

VON LOEWENICH, V. and KOCH, M. - TRATTAMENTO INTENSIVO PEDIATRICO
Piccin Editore, Padova, 1976
X+142 pp., figs. and tables, L. 10.000

Gli autori entrano subito nel vivo dei problemi, affrontando di ognuno il lato più essenziale e pratico. Questo manuale è valido per la sua chiarezza e l'originalità delle illustrazioni, disegnate con molto scrupolo e molta attenzione e sempre con la costante volontà di farsi capire. È un libro chiaro, proporzionato nei nuovi capitoli, tratta l'essenziale e soprattutto riunisce insieme ciò che non si trova in altri libri.

WAGNER, F. - ISAAC NEWTON IM ZWIELICHT ZWISCHEN MYTHOS UND FORSCHUNG
Verlag Karl Alber, Freiburg, 1976
238 pp., figs., No price stated

CONTENTS. - 1. Kirchengeschichte und Profanhistorie. - 2. Neue Diskussionen über Newtons Wissenschaftsbegriff. - 3. Isaac Newtons Friedenstraum. - 4. Zur Apotheose Newtons. Utopie und naturwissenschaftliches Weltbild im 18.Jahrhundert. - 5. Ueber den Wissenschaftsbegriff im Zeitalter der Aufklärung. - 6. Ausblick auf Newton bei der Gründung der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. - 7. 1966 : ein Wunderjahr?

WALTHER, H. (ed.) - LASER SPECTROSCOPY OF ATOMS AND MOLECULES
Series: Topics in Applied Physics, Vol. 2
Springer-Verlag, Berlin, 1976
XVI+383 pp., figs. and tables, DM 97,—

CONTENTS. - 1. Atomic and Molecular Spectroscopy with Lasers, by H. WALTHER. - 2. Infrared Spectroscopy with Tunable Lasers, by E. D. HINKLEY, K. W. NILL and F. A. BLUM. - 3. Double-Resonance Spectroscopy of Molecules by Means of Lasers, by K. SHIMODA. - 4. Laser Raman Spectroscopy of Gases, by J. M. CHERLOW and S. P. S. PORTO. - 5. Linear and Nonlinear Phenomena in Laser Optical Pumping, by B. DECOMPS, M. DUMONT and M. DUCLOY. - 6. Laser Frequency Measurements, the Speed of Light, and the Meter, by K. M. EVENSON and F. R. PETERSEN.

WEISS, P. A. - THE SCIENCE OF LIFE: THE LIVING SYSTEM - A SYSTEM FOR LIVING
Futura Publishing Company, New York, 1973
XVI+137 pp., figs., $7.95

Readers who wish to witness first-hand the intellectual processes by which a brilliant research scientist has gleaned insights into the workings of nature will be greatly rewarded by the fresh, critical, and unprejudiced perspective from which the book interprets both the scope and the limitations inherent in scientific knowledge and their effects on education and society in general.

WELLS, M. - COMPUTING SYSTEMS HARDWARE
Series: Cambridge Computer Science Texts, Vol. 6
Cambridge University Press, Cambridge, 1976
X+246 pp., tables, £4.00

CONTENTS. - 1. Basic Aspects of Digital Systems. - 2. Storage. - 3. Input/Output Devices. - 4. Data Transmission. - 5. Processing. - 6. Systems Architecture.

WILLIAMS, I. P. - THE ORIGIN OF THE PLANETS
Series: Monographs on Astronomical Subjects
Adam Hilger, London, 1975
VII+108 pp., tables, No price stated

CONTENTS. - 1. The Planetary System. - 2. The Tidal and Other Related Theories. - 3. The Accretion Theories. - 4. Processes for the Formation of the Sun and Planets. - 5. Summary and Conclusions.

WILLIS, B. T. M. and PRYOR, A. W. - THERMAL VIBRATIONS IN CRYSTALLOGRAPHY
Cambridge University Press, London, 1975
XVI+280 pp., figs. and tables, £9.50

The first part of this book tackles the basic theory of lattice dynamics. It starts from the treatment of the vibrations of an isolated molecule, and proceeds to the vibrations of atoms and molecules in crystals. The next part describes the influence of thermal vibrations on the intensities of the Bragg reflections. The last part deals with the thermal diffuse scattering (TDS) of X-rays and neutrons. Somewhat limited information is given by X-ray experiments on TSD, whereas the TDS of neutrons (usually referred to as the inelastic coherent scattering of neutrons) provides the principal source of data on the phonon dispersion relations of solids.

ZIKMUND, V. (ed.) - THE OCULOMOTOR SYSTEM AND BRAIN FUNCTIONS
Butterworths, London, 1973
524 pp., tables, £9.95

The present volume contains the proceedings of an International Colloquium on *The Oculomotor System and Brain Functions* sponsored by the Slovak Academy of Sciences and held from 19 to 22 October, 1970 at the Castle of Smolenice, near Bratislava.

ZINGALES, G. - METODI E STRUMENTI PER LE MISURE ELETTRICHE
Series: Collezione di Elettrotecnica ed Elettronica, Vol. 7
Utet, Torino, 1976
XX+450 pp., tables, L. 20.000

CONTENTS. - 1. Elementi di teoria delle misure. - 2. Unità e campioni delle misure elettriche. - 3. Strumenti elettromeccanici. - 4. Strumenti elettronici. - 5. Altri apparecchi di misura. - 6. Misure su circuiti a regime. - 7. Metodi di confronto. - 8. Applicazioni.

Copyright by SCIENTIA - All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of SCIENTIA.

SCIENTIA si pubblica 3 volte all'anno: Luglio, Ottobre, Dicembre. Ogni numero è di circa 400 pagine.
Gli articoli si pubblicano nella lingua dell'autore e nelle traduzioni integrali italiana e inglese.
Tutti gli abbonamenti partono da Gennaio e devono essere pre-pagati.
Abbonamento in Italia: 1 anno Lire 18.000 - Una copia Lire 8.500. Copia di saggio Lire 2.000
Gli ordini possono essere effettuati attraverso la vostra libreria o direttamente
all'Amministrazione di Scientia o sul c/c postale N. 3-20176 Scientia - 20122 Milano

SCIENTIA is published three times a year: July, October, December. Each number containing about 400 pages. All articles published in the author's own language will have an English translation as well as an Italian one.
All subscriptions commence from January and must be pre-paid.
Subscriptions Europe: 1 year Lire 24.000 - Other countries: 1 year US $40.00
Single copy Lire 10.000 or US $14.00. Specimen copy Lire 2.500 or US $3.50
Please apply all orders through your Newsagent or directly to
Scientia - Via Guastalla, 9 - 20122 Milano, Italy

SCIENTIA pubblica soltanto articoli esplicitamente richiesti dalla Direzione.
SCIENTIA publishes only articles expressly commissioned by the Management.

Representatives abroad:

Austria - Gerold & Co., Graben 31, A-1011 Wien. – **Central America** - Stechert MacMillan, Inc. - 7250 Westfield Av., Pennsauken N.J. 08110. – **Far East** - Maruzen Company, Ltd. - P.O. Box 605, Tokyo Central. – **Germany** - H. Bouvier u. Co. - Am Hof 32, D 5300 Bonn – **Mexico** - Stechert MacMillan, Inc. - 7250 Westfield Av., Pennsauken N.J. 08110. – **Portugal** - Livraria Fernando Machado - Rua das Carmelitas 15, Oporto. – **Spain** - Libreria Editorial Augustinus - Gaztambide 75, Madrid 15. – **Switzerland** - Librairie Payot S.A. - Rue de Bourg 1, Lausanne. - **U.S.A.** - Stechert MacMillan, Inc. - 7250 Westfield Av., Pennsauken N.J. 08110. – **U.S.S.R.** - Mezhdunarodnaja Kniga - Kusnetskij Most 18, Moscow G-200.

SCIENTIA - VIA GUASTALLA, 9 - 20122 MILANO - TELEFONO 780.669

SCIENTIA

1907-1977

70° ANNIVERSARIO

Editor: NORA BONETTI

SCIENTIA

Annus LXXI
Volume N. 112
V - VI - VII - VIII - 1977

Direzione Scientifica
Scientific Editorial Board
PIERO CALDIROLA
LUDOVICO GEYMONAT
GIUSEPPE MONTALENTI

Rivista SCIENTIA Editrice
Sede Legale, 20122 Milano
Via Guastalla 9
Registrata presso la Cancelleria del
Tribunale di Milano col N. 338
Nora Bonetti - Direttore Responsabile
Printed in Italy
Arti Grafiche SO.PO.AL.

La Nouvelle Alliance

Première partie - De la dynamique à la thermodynamique: la progressive ouverture de la physique au monde des processus naturels

ILYA PRIGOGINE et ISABELLE STENGERS

Préparée par les deux révolutions scientifiques qui ont consacré les succès de la théorie de la relativité et de la mécanique quantique au cours de la première moitié du siècle, le monde savant assiste aujourd'hui à un renouveau profond des perspectives ouvertes aux sciences, qui vient remettre en question toute leur portée philosophique. Ce renouveau résulte à la fois: de l'intégration du concept de structure et de celui de fonction dans le cadre d'une physique élargie; d'une interprétation plus raffinée de la notion d'irréversibilité d'un processus; et d'une critique plus profonde du rôle de la mesure. Ainsi voit-on se développer une conception de la science affirmant ouvertement l'appartenance essentielle de l'homme à la nature qu'il décrit, accordant donc ce que son développement antérieur tendait soit à dissimuler, soit à refuser.
La première partie de l'article tente d'éclairer l'enjeu de ce renouveau scientifique en mettant en contraste la nature telle que l'admettait la description scientifique moderne, description d'autant plus objective, plus parfaite que cette nature y apparaît étrangère à l'homme, en exclut plus radicalement la possibilité, avec la nature telle que la thermodynamique élargie en théorie de 'l'ordre par fluctuation' nous permet de l'explorer; au sein de cette nature essentiellement active et susceptible de s'organiser spontanément, les processus dissipatifs interagissent, s'amplifient ou s'inhibent les uns les autres de telle sorte que des problèmes nouveaux se trouvent posés par rapport auxquels nature 'inanimée' et sociétés vivantes ne diffèrent plus de manière essentielle: amplification ou rejet des innovations, stabilité de structures maintenues par des flux extérieurs, rapport complexe entre les relations d'un système avec son milieu, son fonctionnement dissipatif et la structure organisée qu'il acquiert.

pagina 287

Panpsychistic Identism and its Meaning for a Universal Evolutionary Picture

BERNHARD RENSCH

Biological investigations and epistemological considerations lead to the hypothesis that mind and matter can be regarded as the same. Such panpsychistic identism can be supported by six independent statements: 1) When we try to get an idea what matter is like, we can analyze our psychic phenomena (the only indubitable reality) and reduce all secondary qualities, some characteristics of the primary qualities, and the feeling tones. What remains is a 'last something' which is still 'psychical' in a general sense and therefore better be called protopsychical. - 2) Physiological brain processes immediately correspond to psychic phenomena. When

we identify both processes, the problem of 'pre-established harmony' is solved. - 3) The psychogenesis of a human being can be understood best, when matter is regarded as something protopsychical. Real psychic phenomena can arise successively as new characteristics in the ontogenetically arising new systems of integration of nerve cells and brain. This view is also supported by the fact that genes, that is to say DNA-molecules, are able to transmit mental characteristics. - 4) Phylogenetic psychogenesis is also understandable best, when matter is regarded as something protopsychical. Where from should psychic phenomena have come in the course of phylogeny when we hold a dualistic opinion? - 5) Psychophysiological parallelism meets with difficulties (lack of selective advantage) and the same is the case with psychophysiological interactionism (infringement of the law of conservation of energy). - 6) Panpsychistic identism leads to a uniform evolutionary picture of the world. - Materialists who do not deny that they experience conscious processes would better be called identists.

pagina 337

The Mystique of Vitamins

HENRY M. LEICESTER

The first discovery of the action of vitamins seemed to contradict the then current medical theory, since it indicated that the absence rather than the presence of some agent could cause disease. Later, the variety of deficiency diseases, the great chemical differences between the various vitamins, and the minute amounts required to produce their effects emphasized the unusual character of this class of biological substances. As a result many scientists and laymen were ready to accept almost any powers attributed to these mysterious substances. Among the more unorthodox nutritionists there arose a tendency to exaggerate the known actions of specific vitamins and to extend these with claims unsupported by evidence. Often a therapeutic action was asserted which, if true, could only be due to a drug like action rather than an extension of vitamin activity. As the biochemical actions of the various vitamins are now being clarified, it is possible that the term vitamin will drop out of the scientific literature, to be replaced by the description of the true function, but it will continue to be used by the general public because of the air of mystery which arose from the historical development of the concept.

pagina 361

Galileo's Philosophy of Science

Part II: A Case Study of Interdisciplinary Synthesis

MAURICE A. FINOCCHIARO

A systematic analysis is made of the philosophical content of Galileo's *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems*. The main result is that it is possible to reconstruct this book as a series of 55 contiguous passages each of which contains a philosophical discussion consisting of a more or less explicit statement of some philosophical thesis (or theses) illustrated by, or providing justification for, concrete scientific topic(s) or example(s). In Part II, the analysis is carried out for the last two Days of the book, and the relevance of such a study is justified by reference to Stillman Drake's thesis that a central feature of Galileo's work is the combination of three disciplines — mathematics, physics, and astronomy — previously combined at most in pairs. This thesis is however modified (in a manner corresponding to the spirit of Drake's approach though not to its letter) to add methodology, so that Galileo's work can be seen as a uniquely important and importantly unique synthesis of methodology and science, or to be more exact, of methodology, mathematics, physics, and astronomy.

pagina 371

L'introduzione del cronone nella teoria classica e quantistica dell'elettrone

FEDERICO CASAGRANDE

Nella prima parte dell'articolo viene ripercorsa dalle origini la storia dell'introduzione di un intervallo di tempo fondamentale in fisica. Sono poi considerate le implicazioni di questa idea nella teoria classica e in quella quantistica dell'elettrone, sia nell'approssimazione non relativistica che nella trattazione relativistica.

pagina 401

L'Europa fra passato e avvenire

ANTONIO TATTI

La Comunità europea introduce nel sistema tradizionale delle relazioni fra Stati sovrani elementi di innovazione che hanno effetto destabilizzante. Di qui le numerose crisi che lo sviluppo della costruzione comunitaria ha provocato e, il più delle volte, subito. La nota analizza quattro di queste crisi e le loro conseguenze sulla Comunità europea, che manca ancora di un progetto globale coerente con i fini che si vorrebbero raggiungere.

pagina 429

Identité européenne et système de valeurs

LEO MOULIN

La spécificité de l'Europe se définit, au premier abord, par la méthode scientifique, la technologie et le rationalisme ainsi que par une série de valeurs, d'origines gréco-judéo-chrétiennes, qui peuvent se résumer en un mot: personnalisme. D'autre part, pour l'Auteur les valeurs dites laïques ne sont, à bien des égards, que des valeurs chrétiennes sécularisées: leur conflit est purement historique. A partir des vicissitudes de la société occidentale, ouverte diversifiée contradictoire et tolérante, et pour cela instable incertaine fragile et menacée, l'Auteur dégage en conclusion sept leçons pour l'avenir de l'Europe.

pagina 439

Mezzi di espressione del cittadino in un sistema socio-politico in formazione

ANTONIO PAPISCA

I cittadini europei non hanno fino ad oggi beneficiato di uno *status* 'politico' attivo nell'ambito della Comunità. Difficoltà di ordine strutturale — prevalenza del momento intergovernativo e tecnocratico su quello partecipativo — hanno impedito l'acquisizione di un tale *status*. La mancata associazione della fascia territoriale-elettorale della società europea al processo decisionale comunitario ha comportato, non soltanto una caratterizzazione in senso verticistico e corporativo del sistema, ma il graduale venir meno della sua 'alimentazione' ad opera dell'ambiente sociale. Con la decisione di tenere elezioni dirette del Parlamento europeo, e prima ancora della loro pratica effettuazione, i cittadini sono mobilitati per l'esercizio di alcuni ruoli politici, che sono immediatamente 'significativi' per il funzionamento del sistema europeo.

pagina 465

Informazioni sulla ricerca Information on Research

pagina 333

CRONACHE - REPORTS

Alessandro Volta - Annus CL

Crolli, costruzioni e dizionari: congetture sulla storia della scienza

ENRICO BELLONE

pagina 499

Biologia, Bionica e animali artificiali

FELICE MONDELLA

pagina 513

Recensioni Book Reviews

pagina 517

Libri ricevuti Books Received

pagina 573

La Nouvelle Alliance

Première partie - De la dynamique à la thermodynamique: la progressive ouverture de la physique au monde des processus naturels

ILYA PRIGOGINE
Université Libre de Bruxelles
University of Texas, Austin

ISABELLE STENGERS
Université Libre de Bruxelles

« L'ancienne alliance est rompue; l'homme sait enfin qu'il est seul dans l'immensité indifférente de l'Univers d'où il a émergé par hasard ».

J. Monod

I L'ANCIENNE ALLIANCE

« Voyez-vous cet oeuf? C'est avec cela qu'on renverse toutes les écoles de théologie et tous les temples de la terre. Qu'est-ce que cet oeuf? une masse insensible avant que le germe y soit introduit... Comment cette masse passera-t-elle à une autre organisation, à la sensibilité, à la vie? Par la chaleur. Qui produira la chaleur? le mouvement? Quels seront les effets successifs de ce mouvement? Au lieu de me répondre, asseyez-vous, et suivons-les de l'oeil de moment en moment. D'abord, c'est un point qui oscille, un filet qui s'étend et se colore; de la chair qui se forme, un bec, des bouts d'ailes, des yeux, des pattes qui paraissent; une matière jaunâtre qui se dévide et produit des intestins; c'est un animal... il marche, il vole, il s'irrite, il fuit, il approche, il se plaint, il souffre, il aime, il désire, il jouit; il a toutes vos affections; toutes vos actions, il les fait. Prétendrez-vous, avec Descartes, que c'est une pure machine imitative? Mais les petits enfants se moqueront de vous, et les philosophes vous répliqueront que si c'est là une machine vous en êtes une autre. Si vous avouez qu'entre l'animal et vous, il n'y a de différence que l'organisation, vous montrerez du sens et de la raison, vous serez de bonne foi; mais on en conclura contre vous qu'avec une matière inerte, disposée d'une certaine manière, imprégnée d'une autre matière inerte, de la chaleur et du mouvement on obtient de la sensibilité, de la vie, de la mémoire, de la conscience, des passions, de la pensée... Ecoutez et vous aurez pitié de vous-même; vous sentirez que, pour ne pas admettre une supposition simple qui explique tout, la sensibilité, propriété générale de la matière, ou produit de l'organisation, vous renoncez au sens commun, et vous précipitez dans un abîme de mystères; de contradictions et d'absurdités ».

Quel temple l'oeuf de Diderot[2] est-il en train de renverser? Quel adversaire Diderot tente-t-il de convaincre? Contre quelle croyance, quelle conviction morte et repliée sur elle-même, en appelle-t-il à la puissance créatrice et inventive de la vie, à la sensibilité, à la capacité d'organisation autonome de la matière? L'interlocuteur de Diderot n'est pas l'un de ceux qui, au nom d'un spiritualisme obscurantiste, combattaient les forces de raison, de progrès et de liberté au siècle des lumières; l'interlocuteur de Diderot, c'est d'Alembert, mathématicien, physicien, philosophe rationaliste, auteur du *Discours préliminaire de l'Encyclopédie*; et le temple qu'il faut renverser, c'est celui où est adorée la nouvelle idole, la vérité newtonienne.
Ne nous y trompons pas; la vérité newtonienne, c'est celle dont notre science a hérité, dont elle est toujours dépositaire, et qu'elle continue à proclamer, mais dont les petits enfants continuent à se moquer, et à qui les philosophes ne cessent de répliquer: qu'est-ce qu'une vérité qui rend inintelligible la possibilité de son propre avènement?
Ce n'est pas un hasard que sous la plume de Diderot le matérialisme athée en soit venu, en cette fin du 18ème siècle, à dénoncer la complicité objective entre la religion du spiritualisme abstrait et la conception de la nature qui fonde la science instituée au 17ème siècle.

Qu'on pense à des travaux comme ceux de Whitehead[9], de Koyré[6], de Needham[8], qui tentent de détruire une illusion encore vivace qui identifie le développement de la science au 17e siècle au triomphe de l'humilité du chercheur, supposé soumis au verdict des faits et prêt à accepter la vérification expérimentale, sur l'orgueil du métaphysicien dogmatique. Ils ont montré que l'alliance féconde entre théorie et technique, caractéristique de l'entreprise d'expérimentation systématique que constitue la science moderne, n'est pas l'aboutissement 'naturel' du devenir humain, l'accomplissement d'une rationalité universellement valable en droit, et dont il faudrait seulement expliquer que l'Europe, et l'Europe seule, l'ait révélée à elle-même. Ce qui nous est rappelé grâce à leurs travaux, c'est le caractère intensément paradoxal de la notion de 'loi scientifique', c'est le caractère spécifique, inouï dans d'autres civilisations et en d'autres temps, de l'ambition des fondateurs de la science moderne: découvrir par les moyens strictement finis de la démonstration mathématique, de l'observation empirique et de la mesure quantitative, la vérité de la nature, les principes auxquels elle est soumise. C'est que la recherche de lois dans la nature implique la conviction que la nature *obéit* à un certain nombre de principes intelligibles, et que ces principes ne sont pas seulement lisibles par la raison humaine mais doivent être découverts toujours déjà inscrits *dans* la nature. Démesure de cette prétention: il ne s'agit pas, pour l'homme à l'écoute de la nature, de se faire la voix d'une intelligibilité qu'elle engendrerait dans son propre devenir. Galilée, s'il écoutait la nature, ne l'écoutait pas comme l'élève écoute le maître; il l'écoutait comme juge et comme bourreau. Selon l'expression de Kant,

Galilée a mis la nature à la question. Il l'a idéalisée, c'est-à-dire mutilée jusqu'à ce qu'elle accepte de parler le langage qu'il voulait entendre, un langage mathématique. Jusqu'à ce qu'elle avoue avoir toujours 'obéi' à ces principes simples dont il faut dire que la simplicité, loin de renvoyer à une loi fondamentale dont la quête serait le seul but de la science, était l'effet de l'isolement produit et voulu par l'expérimentation.
Conviction que la nature, par-delà l'aveuglante multiplicité de ses formes, obéit à des lois simples. Whitehead, comme Needham, a insisté sur le rôle essentiel du facteur religieux dans la fondation de la science moderne. Seul cet étrange produit de la pensée médiévale qu'est le Dieu rationnel et immuable, créateur et providentiel, pouvait créer et organiser un monde suivant des principes rationnels, constitutifs du fondement intelligible et permanent qui justifie et explique jusque dans leurs moindres détails chaque événement particulier, et le devenir de chaque entité individuelle. Cette conviction 'justifiait' du même coup que l'homme de science torture, et tente de faire avouer à chaque événement particulier le principe rationnel auquel il est soumis par-delà l'arbitraire apparent de sa production. Mesurerait-on l'intrinsèquement imprécis? Rechercherait-on une vérité prévisible dans ce qui est contingent par essence? De quel arrêt le sublunaire serait-il passible?
Mais ce n'est pas innocemment qu'un Dieu si chrétien fonde l'intelligibilité du monde: elle n'est pas insignifiante, l'idéalisation que Galilée fait subir à la nature pour la décrire suivant des lois mathématiques. La nature telle qu'entend la décrire l'homme du 17e siècle est bien une nature régie par un Dieu qui lui reste extérieur: nature aveugle, sans intention ni finalité, intrinsèquement inerte et soumise à une rationalité qui lui est étrangère; nature dépouillée de tout ce qui permettait à l'homme de s'identifier lui-même, par son appartenance essentielle à l'harmonie ancienne du devenir naturel.

L'homme du 17e siècle est en marge du monde, corps matériel, automate cartésien, âme créée à l'image de Dieu: échappant à l'ordre naturel, il occupe une position intermédiaire où il peut questionner la nature, la réduire au jeu aveugle des forces et au mouvement indifférent des atomes sans que soit mise en question sa spécificité humaine[4].
Au 18ème siècle, il n'en va évidemment plus de même pour ceux des philosophes athées qui, comme Diderot, interrogent la science newtonienne. Ceux-là se veulent et se proclament appartenant à la nature; il faut donc que la nature puisse les produire, puisse spontanément s'organiser en des formes de plus en plus complexes, jusqu'à l'apparition de l'animal pensant.
C'est là un point sur lequel il est bon d'insister une fois encore; la protestation vitaliste trouve son origine dans le matérialisme le plus radical. Diderot ne se réclame d'aucune spiritualité vague quand il demande que la matière soit définie comme capable d'activité intrinsèque cohérente, et qu'on doute que la physique mathématique, héritière de Galilée

et de Newton, puisse s'occuper du problème de la vie; au contraire, il entend donner quelque vraisemblance à cette affirmation révolutionnaire: l'homme appartient à la nature, la pensée est produite par la matière sensible et organisée.
Etrange renversement de situation pour ceux qui, comme nous, ont appris à voir, dans la victoire proclamée de la biologie contemporaine sur le vitalisme, dans l'affirmation que, de par la très improbable évolution, de miracle statistique en miracle statistique, l'automate cybernétique humain a pu surgir sans contredire les lois de la physique, le triomphe de la rationalité scientifique sur l'obscurantisme spiritualiste. Etrange contraste aussi entre l'optimisme de Diderot et le tragique de Monod, si proche, significativement, du tragique chrétien de Pascal «... il faut bien que l'homme enfin se réveille de son rève millénaire pour découvrir sa totale solitude, son étrangeté radicale. Il sait maintenant que, comme un Tzigane, il est en marge de l'univers où il doit vivre. Univers sourd à sa musique, indifférent à ses espoirs comme à ses souffranches ou à ses crimes »[7]. Que le battant qui la frappe soit athée ou chrétien, la cloche fondue par Galilée et Newton produit toujours le même son, la même humilité glorieuse, la même marginalité orgueilleusement assumée.

Cependant, il faut nous rendre à l'évidence, l'histoire (des sciences) a donné tort à l'optimisme rationaliste du 18e siècle. Certains[5] en ont conclu qu'entre la méthode scientifique nourrie d'expérimentation et de théorie, et l'assimilation de la nature à un monde aveugle d'atomes et de forces mesurables, il n'y a pas seulement une association historique, il y a une liaison essentielle. Chaque progrès des sciences de la nature a consisté à la dépouiller un peu plus de ce qui nous est le plus familier, de ce qui tisse les rapports de l'homme au monde. La reconnaissance du statut physique — c'est-à-dire scientifique — de la vie coïncide avec l'élucidation de tout ce qui caractérise proprement le vivant — activité spontanée, organisation autonome, comportement cohérent —comme autant d'*effets* produits par des états improbables de la matière inerte que décrit la physique mathématique.
L'histoire des sciences montre en tout cas que la méthodologie scientifique ne se définit pas simplement par sa très éminente rationalité, mais surtout par sa *capacité* d'étendre à des domaines de plus en plus complexes le type d'idéalisation qui rend cette méthodologie possible, *indépendemment désormais de toute conviction métaphysique explicite.* Car l'idéalisation scientifique *réussit,* c'est un problème que nul philosophe ne devrait refuser de penser. La science découvre effectivement des lois auxquelles la nature est soumise. La science réussit et l'homme de science, qui se veut rivé à sa finitude, ne cesse d'étendre et de rendre plus effectives des descriptions qui ne sont possibles que d'un point de vue divin; le monde que connaît l'homme de science est un monde qui l'exclut, un monde où n'existe aucune place pour celui qui le décrit. A mesure que

triomphe la science, s'opacifie donc le mystère de sa possibilité; l'homme de science se découvre capable de voir et de comprendre bien des choses, mais pas l'existence foncièrement naturelle d'êtres vivants et parlants.

La situation épistémologique de la science moderne, telle que nous venons de la dessiner en traits schématiques, Kant en a rendu compte dans toute sa radicale étrangeté. Ce faisant, il a annoncé l'irrémédiable condamnation de toute tentative d'unifier l'expérience humaine, l'indépassable scission du savoir humain entre la connaissance rationnelle, communicable et empiriquement vérifiable, et l'expérience morale, religieuse, esthétique. Kant donne toute sa signification à notre remarque: la description scientifique est, intrinsèquement, description depuis un point de vue inaccessible à l'homme, divin. Aussi, le monde connaissable que le Dieu du 17e siècle avait créé suivant quelques principes rationnels, *c'est le sujet connaissant* qui, dans la *Critique de la Raison Pure*, le constitue suivant ces principes. Le monde que l'homme de science étudie, par là même qu'il est pris pour objet de connaissance, se trouve soumis, constitué dans son objectivité, par ces mêmes principes qu'on y découvre corrélativement comme régularités 'naturelles' (principe de raison suffisante, causalité linéaire, etc. ...). Kant donne donc l'intelligibilité de la situation épistémologique paradoxale de la science moderne; la connaissance humaine, finie, engendre constitutivement l'illusion de sa propre infinité, du caractère totalisateur de la vérité qu'elle produit. Où qu'elle aille, elle transporte avec elle les conditions de sa possibilité; ce qu'elle tente de comprendre, d'imaginer, de décrire, se trouve, par là même, soumis aux conditions qui le constituent comme objet de connaissance pour l'entendement; aussi loin que l'homme porte le regard, il s'est toujours déjà précédé lui-même et ne rencontre qu'une 'nature' obéissant aux lois nécessaires découvertes par la physique mathématique.

Le prix à payer pour l'intelligibilité que propose Kant est lourd. Kant a proclamé lui-même limiter le savoir pour faire place à la foi: le savoir humain n'a accès qu'au monde, sans intérêt ni signification, des phénomènes. C'est une justice ironique que Kant rend à la science moderne lorsqu'il institue comme son domaine légitime le monde où les problèmes sont futiles et faciles et l'exclut radicalement de toutes les questions qui concernent le sens de la vie et le destin de l'homme.

Au sein de l'oeuvre kantienne s'annonce aussi la double conception du temps qui déchire toujours le savoir contemporain, et constitue la description scientifique en contradiction absolue avec l'expérience humaine la plus fondamentale: temps originaire, structure essentielle de la subjectivité, dans l'horizon duquel le sensible s'offre comme objet de connaissance, et temps linéaire, série de maintenants que présuppose toute loi causale.

Le renoncement auquel la philosophie transcendantale veut contraindre la science est difficile, mais difficile aussi est le rôle que la philosophie

transcendentale se réserve; elle se retrouve déchirée par la distinction entre transcendantal et empirique qu'elle a dû instituer pour rendre compte du succès de la science malgré la contradiction épistémologique de son projet. Le sujet transcendantal n'a pas d'autre miroir pour se connaître lui-même que l'expérience empirique et pourtant il lui faut se penser lui-même au-delà de toute expérience empirique particulière, constituant transcendantalement le reflet qu'il contemple; comment éviter le risque de décalquer le fondement transcendantal sur l'empirique qu'il s'agit de fonder? Comment éviter le risque de réduire la philosophie à une anthropologie clandestinement empirique?[3]

Difficultés aggravées par le développement des sciences humaines qui font de l'homme l'"objet' d'une recherche empirique et tentent de l'expliquer comme produit de l'évolution biologique, du développement adaptatif, de l'histoire ou de la société.

Partagé entre les sciences de la nature qui se proclament les seules à décrire rigoureusement le monde et qui, si elles reconnaissent que l'homme est encore un sujet trop complexe pour elles, ne nient pas moins radicalement la réalité de ce qui fonde son existence, des sciences humaines en conflit permanent quant à leur propre méthodologie, mais qui s'accordent à ramener la vérité des sciences de la nature à un simple pragmatisme, et une pensée philosophique dédaigneuse des sciences, prétendant à une vérité plus originaire et pourtant sans cesse sur la défensive, l'homme du 20ème siècle a à sa disposition une masse de connaissances que nul avant lui ne possédait mais, moins que tout autre, il ne sait ni ce qu'il est ni ce qu'il connaît.

C'est en partie le succès même de l'idéalisation galiléenne, la limpidité des descriptions produites contrastant avec l'opacité du travail de leur production, qui a contribué à isoler le scientifique, à faire de la science un objet étranger, objet de colère, de dérision ou d'admiration. Le scandale de la science moderne, c'est que depuis la rupture de l'ancienne alliance, garante d'intelligibilité, entre Dieu et les hommes, elle vit d'une efficacité qu'elle ne peut expliquer mais dont elle ressent trop profondément l'effectivité, qu'elle ressent trop profondément comme production de vérités nouvelles et rigoureuses, pour pouvoir accepter les interprétations nihilistes de ceux qui jugent sa pratique sans la connaître, c'est-à-dire, sans y participer.

La science moderne, notre science... est-elle encore vraiment notre science, cette science que nous venons de décrire, cette science qui fonctionne grâce à l'illusion que les difficultés épistémologiques qu'elle suscite restent à l'extérieur d'elle-même, n'affectent pas la transparence de ses résultats? Car depuis la fin du 19e siècle des crises profondes ont ébranlé les fondements de la physique, désormais travaillée de l'intérieur par la question de sa propre possibilité; le problème du statut des vérités qu'elle produit devient pour elle un problème proprement scientifique qui lui impose de s'ouvrir à l'interrogation épistémologique. Ce devenir de la

science est le sujet de cette étude. C'est aussi la plus haute espérance que puissent concevoir ceux qui n'acceptent pas l'actuelle rupture, l'actuelle opacité, l'actuel silence.

II STRUCTURE ET DISSIPATION

Nous voudrions faire comprendre, au cours de ce chapitre, comment la physique théorique en est venue, de par son devenir propre, à mettre en question et à déborder l'idéalisation qui la fonde et à ouvrir ainsi un chemin hors de l'impasse où son triomphe avait conduit la pensée occidentale.

La physique classique connaissait des zones de lumière et des zones d'ombre; c'est des zones d'ombre qu'avait créées l'intelligible lumière galiléenne, que sont sortis certains concepts auxquels il a fallu reconnaître un statut physique et dont la présence en son sein a miné de l'intérieur la physique classique.

Nous allons parler d'irréversibilité d'abord, de mesure ensuite. Dans les deux cas, il s'agit de problèmes à la frontière de la séparation classique entre la nature et l'homme. L'irréversibilité est-elle une propriété de la nature ou de l'observateur? Et la mesure, comment la situer? S'agit-il d'une nécessité technique ou d'une dimension essentielle de notre description du monde? Comme nous allons le voir, l'élément caractéristique de la mesure, ce sera précisément l'irréversibilité. Au coeur de notre discussion, c'est la question du temps en physique qui se posera donc chaque fois.

Nous parlions de zones de lumière et de zones d'ombre. La zone de lumière la plus éclatante peut-être est celle qui correspond à la formulation des lois du mouvement, et en particulier à la formulation hamiltonienne de ces lois. Les coordonnées q et les quantités de mouvement p permettent de construire une fonction de ces variables, H (p, q), l'hamiltonien, dont la connaissance nous donne directement les lois du mouvement. Le concept d'hamiltonien est d'une importance extrême en physique théorique. Il est remarquable qu'il ait survécu aux deux révolutions scientifiques majeures de ce siècle: la relativité et la mécanique quantique.

La formulation hamiltonienne de la dynamique peut se faire à l'aide de différents types de coordonnées et de quantités de mouvement. Il s'agit d'une généralisation de la notion de changement de coordonnées qui implique le dépassement du réalisme naïf de la formulation initiale de la physique newtonienne. La possibilité de changer de coordonnées, de rapporter un phénomène à des coordonnées cartésiennes ou polaires, implique déjà que nous devons distinguer le phénomène physique du langage introduit par le choix des coordonnées; la formulation hamiltonienne, elle, nous permet de faire usage à notre choix d'un système de variables canoniques (coordonnées *et* moments) ou d'un autre.

Pensons à un cristal. Nous pouvons décrire son évolution dynamique en

termes des coordonnées des particules qui le composent; nous pouvons aussi penser aux ondes, mouvement cohérent des particules, dont il peut être le siège. Ces 'deux descriptions' sont 'équivalentes' dans le sens que l'on peut, par une 'transformation canonique', passer d'une description à l'autre. Ces notions d'équivalence et de transformation sont très importantes puisque ce sont elles qui définissent les limites à l'intérieur desquelles le physicien est libre de choisir son langage pour décrire un même phénomène physique.

Existe-t-il malgré tout un langage, un système de variables particulier, jouissant d'un rôle privilégié? Oui, s'il existe un système qui fait apparaître dans l'Hamiltonien des propriétés physiques importantes des particules constituant le système. Par exemple, dans le cas du cristal, nous pouvons passer à des variables telles qu'apparaissent dans l'Hamiltonien les fréquences de ces phénomènes ondulatoires dont le cristal peut être le siège. La situation est analogue en mécanique quantique. Là encore, on passe par une transformation canonique (que l'on appelle unitaire dans le cas quantique) à une représentation qui diagonalise l'Hamiltonien, c'est-à-dire, qui permet d'expliciter les niveaux énergétiques que le système peut occuper.
Mais, quelle que soit la représentation choisie, l'essentiel ici est de souligner que tous les processus que décrit la physique hamiltonienne sont *symétriques par rapport au paramètre temps*; aucun ne se produit dont la physique n'admette aussi bien et indifféremment l'inverse dans des conditions physiques différentes. Cela veut dire que la physique classique admet aussi bien et indifféremment qu'un mélange hétérogène s'homogénéise ou qu'un mélange homogène se dissocie, qu'une distribution de température s'égalise ou que se produise spontanément une séparation entre région froide et région chaude.
Or, c'est cela qu'exclut le second principe de la thermodynamique tel que les ingénieurs et les physico-chimistes l'ont défini au 19e siècle et l'ont imposé à l'attention des physiciens[12].

Le second principe définit les propriétés d'une fonction décrivant les systèmes au sein desquels se produisent des transformations physico-chimiques: l'entropie. Il énonce qu' aucun processus se produisant *à l'intérieur* du système ne peut faire diminuer la quantité d'entropie du système; au cours de l'évolution du système, la quantité d'entropie liée à ces processus *internes* (et non à ceux d'échange entre le milieu et le système) ne peut que croître ou rester constante. Dans les systèmes isolés, où il n'y a pas d'échanges avec le milieu, on peut caractériser chaque système par un état correspondant à une entropie maximale: l'état d'équilibre, état où aucun processus producteur d'entropie n'est plus possible.
Le second principe permet donc de distinguer deux types de transformations: les transformations qui *conservent* l'entropie sont compatibles

avec l'état d'équilibre et peuvent être définies comme réversibles, puisque la transformation inverse est également admise par le second principe; les transformations qui *produisent* de l'entropie disparaissent à l'équilibre et sont irréversibles puisque le second principe exclut la possibilité des transformations inverses. Le comportement d'un système à l'équilibre est donc le seul que la thermodynamique admette comme symétrique par rapport au temps.

Le 19e siècle a retenti des échos du débat entre énergétistes et mécanistes[11]. Les premiers s'appuyaient sur le second principe pour démontrer l'essentielle insuffisance de la physique classique. Les seconds s'employaient à 'récupérer' le second principe, à montrer qu'un comportement *irréversible* des systèmes macroscopiques étudiés par la thermodynamique était compatible avec les lois *réversibles* régissant le comportement microscopique des constituants du système.

Avec les travaux de Boltzmann et de Maxwell, il est apparu que cette récupération exigeait un élément nouveau, susceptible de réconcilier ces deux descriptions évidemment contradictoires. Cet élément, c'est le caractère stochastique conféré aux lois physiques qui allait le fournir. L'interprétation probabiliste du second principe faisait de l'évolution irréversible un comportement seulement *compatible* avec la dynamique et caractérisé comme étant statistiquement le plus probable.

On sait qu'à la suite des travaux de Boltzmann et de Maxwell, de Gibbs et d'Ehrenfest, l'interprétation probabiliste de l'entropie a été très généralement acceptée, quoiqu'avec le problème du '*coarse graining*' et de l'identification proposée de l'entropie à l'information, la vieille contestation positiviste de la physique ait resurgi au 20ème siècle à l'intérieur même de la mécanique statistique[19]. Avec les arguments tels que ceux de Wigner, quant à la nécessité d'ajouter au formalisme quantique des termes représentant 'l'état d'esprit' de l'observateur, et ceux de Jaynes, qui réduit l'ensemble de la dynamique à des théorèmes sur la possibilité de prévoir et de manipuler efficacement, c'est à la limite la dynamique elle-même qui semble être mise en danger par la récupération qu'elle a effectuée.

L'interprétation statistique du second principe constitue, il faut le reconnaître, un tour de force pour la physique classique. Deux types de phénomènes lui étaient inintelligibles, l'activité macroscopique d'un système, impliquant une organisation spontanée et cohérente de ses constituants, et l'irréversibilité de certaines transformations physiques. L'interprétation probabiliste permet de donner un statut physique aux deux types de phénomènes, mais elle les joue l'un contre l'autre. La physique admet désormais qu'à la suite d'une distribution très particulière de ses constituants — distribution improbable par référence au niveau fondamental régi par la physique hamiltonienne, imprévisible donc pour la physique mais compatible avec elle — un système peut avoir une activité macroscopique; il existe *un seul* type d'activité macroscopique que la

physique proclame être capable de prévoir et admet comme reproductible: ce seul objet légitime de son investigation, c'est précisément le processus de *disparition de toute activité macroscopique*, l'évolution irréversible du système vers l'état d'équilibre défini comme l'état le plus probable étant données les conditions imposées au système par le milieu.

L'interprétation probabiliste identifie donc les processus macroscopiques irréversibles, dont le second principe force la physique à admettre l'existence, au processus de rétablissement de la « normalité physique » lorsqu'une interaction particulière, dont la physique n'a pas à rendre compte, a placé le système en marge de la loi, l'a mis dans une situation où, à l'encontre de l'idéalisation galiléo-hamiltonienne, « quelque chose pouvait se passer ». Tour de force puisque la seule évolution irréversible légalement reconnue est celle par laquelle la loi des grands nombres impose la disparition de tout état improbable, puisque le seul état prévisible par la physique reste l'état d'équilibre où aucune activité macroscopique n'est plus possible.
Tour de force repris par la biologie contemporaine qui fait reposer l'explication du fonctionnement de l'être vivant sur l'impressionnante série d'événements *improbables* 'et dont la physique n'a donc pas à rendre compte' que constituent l'apparition du code génétique et les mutations favorables, et sur l'évolution *prévisible* vers la mort et l'inactivité macroscopique, à laquelle le second principe assimile la vie de tout vivant depuis l'événement extrêmement improbable de sa naissance. Comme toute activité macroscopique organisée, la vie est donc en marge d'un univers régi par des lois qui l'ignorent et au sein duquel elle n'a surgi que par accident.
Il est bien certain qu'à la suite des travaux de Boltzmann et de ses successeurs, la récupération probabiliste du second principe par la physique classique a ouvert des voies nouvelles et fécondes. Mais il faut reconnaître aussi qu'elle a conduit à des confusions très graves, notamment pour la description des états éloignés de l'équilibre thermodynamique. Que signifie en effet le mot 'probabilité' dans le contexte physique? A l'équilibre thermodynamique, tous les états microscopiques ont le même poids statistique; nous pouvons alors parler de probabilité dans le sens classique. Il n'en va plus de même lorsque l'interaction avec le milieu extérieur maintient un système hors de l'équilibre. Comment justifier alors la terminologie probabiliste? Comment justifier, dans le cas où des processus macroscopiques se déroulent en permanence, l'emploi de concepts qui ne décrivent les processus que du point de vue de leur disparition à l'équilibre?

Resurgit ici l'étrangeté fondamentale de la thermodynamique par rapport à la dynamique classique. La thermodynamique est la science des processus. Créée par des ingénieurs et des physico-chimistes, elle décrit phénoménologiquement des effets couplés, des processus chimiques, des phé-

nomènes d'absorption, d'émission; fondamentalement, elle exige donc un traitement positif pour ces phénomènes, un traitement qui ne prenne pas pour référence l'état d'équilibre, où ils disparaissent par définition.
L'emploi des concepts probabilistes, fondés sur le présupposé de la réalité d'un niveau réversible, où les processus n'ont pas de sens, a été possible pour la thermodynamique d'équilibre, dans les cas où le seul comportement prévisible est l'évolution vers l'équilibre. Mais l'élément, au statut déjà suspect, qu'il avait fallu ajouter aux lois dynamique, le caractére stochastique qu'il avait fallu conférer aux lois d'évolution, devient profondément paradoxal lorsqu'il s'agit de processus irréversibles se déroulant en permanence; c'est l'extrapolation des concepts probabilistes au domaine étudié par la thermodynamique de non-équilibre qui a produit la très étrange assimilation de la vie à un épiphénomène dont l'existence ne peut être justifiée qu'en faisant appel, par-delà les lois physiques, au hasard miraculeux.
Nous verrons plus loin que dans le cadre d'une dynamique généralisée où la notion de processus a une signification physique, le rapport entre probabilité et dynamique est inversé. Le second principe prend le statut d'un théorème de dynamique, sans appel spécifique au calcul des probabilités. C'est au contraire la dynamique qui détermine pour quels systèmes une description en termes de probabilités peut être effectuée. Loin de venir s'ajouter à une description dynamique qui lui serait étrangère, la description probabiliste est donc ici fondée, quant à sa possibilité, sur la dynamique.
Avant de revenir sur ce point, il nous faut décrire les récents progrès de la thermodynamique phénoménologique de non-équilibre. Ce sont ces progrès qui mettent le mieux en évidence la nécessité d'une interprétation des processus qui ne prenne pas pour référence l'état d'équilibre, où les processus irréversibles disparaissent.
La thermodynamique de non-équilibre traite des systèmes où existent des échanges avec le milieu, des systèmes non isolés. Dans ces systèmes, la variation d'entropie est liée non seulement aux processus à l'intérieur du système, comme dans les systèmes isolés, mais aussi aux flux d'énergie et de matière entre le système et le milieu. La seule considération de l'entropie ne suffit plus alors à déterminer le comportement du système, car le second principe n'impose aucune condition à la variation d'entropie liée aux échanges avec le milieu. Dans les systèmes non isolés, la grandeur décisive n'est plus l'entropie mais la *production d'entropie*, la variation par unité de temps de l'entropie liée aux processus *dans* le système. Le second principe impose que la production d'entropie soit positive ou nulle.
Dans un système non isolé, des processus irréversibles peuvent se dérouler en permanence, et la production d'entropie rester différente de zéro, lorsqu'une interaction avec le milieu a pour effet de maintenir le système dans un état différent de l'état d'équilibre. Selon la force de cette 'contrainte' du milieu, on distingue le domaine proche de l'équi-

libre, où est valide le théorème de production d'entropie minimum, et le domaine non linéaire pour lequel aucun théorème aussi général n'est plus possible.

Dans le voisinage de l'équilibre, le second principe permet de prévoir que le système se dirige vers un état stationnaire stable où il se maintient tant que se maintient son interaction avec le milieu. Contrairement à l'état d'équilibre, l'état stationnaire est donc caractérisé par une activité physico-chimique productrice d'entropie. La stationarité signifie que la production d'entropie liée aux processus irréversibles dans le système, ainsi que l'ensemble des propriétés macroscopiques du système, restent constantes au cours du temps. Le théorème de production d'entropie minimum établit que l'état stationnaire stable vers lequel évolue le système est celui pour lequel les processus irréversibles produisent *la quantité d'entropie minimale compatible avec l'interaction avec le milieu* qui les contraint à se perpétuer.

Les propriétés des états stationnaires stables[14] dans le domaine de validité du théorème de production d'entropie minimum constituent proprement un prolongement des propriétés d'équilibre: l'activité productrice d'entropie, au lieu d'y être nulle, y atteint un niveau correspondant à la valeur minimale de cette production; minimum qui, comme l'extremum des fonctions susceptibles de caractériser l'équilibre thermodynamique, est déductible de la constitution macroscopique du système et des conditions aux limites. L'état stationnaire est donc ici entièrement déterminé par les variables décrivant l'interaction avec le milieu qui le définit. Le milieu contrôle le système, qui est donc conçu comme essentiellement manipulable. Même dans le cas où l'état stationnaire n'est pas homogène du point de vue spatial, où il existe des phases, la situation reste définie par référence à l'état d'équilibre homogène: la différenciation spatiale permet une activité productrice d'entropie *plus basse* que celle de l'état stationnaire homogène correspondant, et, en ce sens, l'état inhomogène est *plus proche* de l'équilibre.

La production d'entropie mesure donc la distance par rapport à l'équilibre. Dans le domaine linéaire, le système, empêché de rejoindre l'équilibre, adopte le comportement qui l'en rapproche au maximum; il possède une 'inertie' thermodynamique qui le pousse vers des états intrinsèquement inertes et désorganisés. Telle reste la signification du second principe.

Plus loin de l'équilibre, par contre, la situation n'est plus aussi claire[14,17]: le second principe continue à fournir un critère d'évolution globale du système vers un état stationnaire dont les propriétés peuvent être obtenues par extrapolation à partir de l'état d'équilibre; *mais il ne garantit plus trivialement la stabilité de cet état stationnaire.* Cette stabilité doit être étudiée au niveau de chaque fluctuation susceptible de perturber l'état stationnaire. Le second principe permet de définir une grandeur caractérisant ce destin de la fluctuation: la production d'entropie d'excès. Loin de l'équilibre, le second principe renseigne donc à deux niveaux: il fournit un critère d'évolution *globale* du système et il nous dit que *si*

la production d'entropie d'excès pour toutes les *fluctuations locales* perturbant l'état qu'il permet de prévoir est *positive*, cet état est stable; mais le second principe *ne nous dit pas* que la production d'entropie d'excès est *forcément* positive; il ne garantit pas la stabilité de l'état stationnaire; il permet au contraire de prévoir l'*instabilité* de cet état dans certaines conditions, c'est-à-dire, la possibilité pour une fluctuation de se maintenir pendant un temps macroscopique, de se développer, de s'amplifier jusqu'à des dimensions macroscopiques.

L'exemple le plus simple d'un tel phénomène est, dans le domaine de l'hydrodynamique, l'exemple de l'instabilité de Bénard.

Nous chauffons une couche liquide par en-dessous. Par suite de l'application de cette contrainte, le système s'écarte de l'état d'équilibre correspondant au maintien d'une température uniforme dans la couche. Pour des petits gradients de température, la chaleur est transportée par conduction, mais à partir d'un gradient critique, nous avons de plus un transport par convection. Ce transport s'effectue grâce à des cellules de convections régulières, souvent de forme hexagonale.

Nous avons ici un phénomène typique de structuration correspondant à un niveau élevé de coopérativité du point de vue moléculaire. Avant l'instabilité de Bénard, l'énergie du système résidait entièrement dans son énergie d'agitation thermique. Au-delà, une partie est transférée dans des courants macroscopiques ordonnés comprenant un nombre très élevé de molécules. Le fait remarquable est que des structures de ce type sont créées et maintenues grâce aux échanges d'énergie avec le monde extérieur, dans des conditions de non-équilibre. C'est pour cette raison que nous les avons appelées structures dissipatives.

On pourrait se représenter la situation physique comme suit: des petits courants de convection apparaissent continuellement en tant que fluctuations mais, en-dessous de la valeur critique du gradient, ces fluctuations régressent. Au contraire, au-delà de ce point critique, certaines fluctuations sont amplifiées et donnent naissance à un courant macroscopique. Un nouvel ordre apparaît, correspondant essentiellement à une fluctuation géante stabilisée par les échanges d'énergie avec le monde extérieur.

Le résultat essentiel de la 'thermodynamique généralisée' développée au cours de ces dernières années à Bruxelles peut être résumé dans une inégalité qui donne la condition pour que des instabilités *puissent apparaître* loin de l'équilibre thermodynamique. Cette inégalité s'applique tant à des systèmes hydrodynamiques (comme l'instabilité de Bénard) qu'à des systèmes de réactions chimiques. Elle montre que dans le cas des réactions chimiques des conditions très particulières doivent être satisfaites: il faut que certaines des molécules participent à des réactions du type '*catalytique*'. Cela signifie que ces molécules sont nécessaires pour leur propre formation (effet 'autocatalytique') ou pour produire d'abord d'autres molécules qui les produisent à leur tour (effet 'cross-catalytique').

Ce caractère catalytique[15,16] des réactions chimiques nécessaire pour conduire à une instabilité est particulièrement intéressant quand on pense aux principales réactions biochimiques (tel le cycle de la glycolyse). Tous ces cycles sont maintenus grâce à un réseau de régulation très complexe; toutes les étapes décisives sont réglées par des mécanismes d'activation, ou d'inhibition, ou même des deux types simultanément (la cybernétique microscopique merveilleusement décrite par Monod[7]).

Les systèmes où se produisent des transformations chimiques couplées constituent un champ d'exploration très fécond et varié pour l'étude des structures dissipatives. La conclusion la plus générale qu'il soit possible de tirer de ces études est que, alors que près de l'équilibre la désorganisation et l'inertie sont la norme, au-delà du seuil d'instabilité, la norme est l'auto-organisation, l'apparition spontanée d'une activité différenciée dans le temps et dans l'espace. Les formes de cette organisation dissipative sont très diverses. Certains systèmes acquièrent de manière spontanée une inhomogénéité spatiale, d'autres adoptent un rythme temporel périodique, véritables horloges chimiques; d'autre encore associent structurations spatiales et temporelles: certains enfin acquièrent de véritables frontières naturelles, des dimensions déterminées par les paramètres caractérisant l'activité du système.

Il est évidemment tentant de penser que l'organisation biologique peut être comprise dans le cadre conceptuel de la thermodynamique loin de l'équilibre et que l'organisation macroscopique des vivants est liée au fait que les mécanismes chimiques impliqués leur permettent de fonctionner *au-delà du seuil de stabilité de la branche thermodynamique*. Il n'est pas possible de discuter ici ce sujet de manière plus approfondie mais il semble d'ores et déjà établi que les structures dissipatives jouent un rôle important dans l'ordre biologique[17].

La thermodynamique élargie pose un problème tout nouveau, sans équivalent en thermodynamique d'équilibre, le problème de la stabilité. Les lois statistiquement déterministes, qui décrivent le système à partir des contraintes qui le définissent globalement, permettent de prévoir l'état stationnaire vers lequel évoluera le système; ces mêmes concepts thermodynamiques permettent aussi de définir la production d'entropie d'excès qui caractérise le destin des fluctuations, leur régression ou leur amplification jusqu'à des dimensions et une durée macroscopique; la description thermodynamique du système ne peut plus cependant garantir la stabilité du système. Cette stabilité doit être calculée pour chaque état en tenant compte du détail de la cinétique chimique et de la structuration éventuelle déjà établie, c'est-à-dire de l'*histoire* du système.

Le processus d'amplification de la fluctuation quant à lui échappe essentiellement au formalisme thermodynamique. Notre groupe a mis au point des descriptions en termes de processus stochastiques pour comprendre la transition d'un état instabilisé vers un autre état macroscopique; il a montré l'importance du processus de *nucléation*[17]: la stabilité d'un

système par rapport à une fluctuation est en fait déterminée par la *dimension* de la fluctuation; seules les fluctuations dépassant une dimension critique peuvent éviter d'être amorties à la suite de l'interaction avec le reste du système, peuvent résister au 'pouvoir d'intégration' du système; un système au sein duquel, par exemple, la diffusion est très rapide réprimera très effectivement toute perturbation locale en homogénéisant le système avant que les mécanismes de la cinétique chimique amplifiant la fluctuation n'aient pu instabiliser le système.

Cette théorie locale des fluctuations traduit la situation nouvelle loin de l'équilibre: le seuil d'instabilité d'un système marque le point où le 'contrôle' du système par l'intermédiaire des conditions aux limites, contrôle qui n'était plus que partiel et indirect dans le cas des états stables loin de l'équilibre, est *radicalement débordé.* En ce point, le processus irréversible dont on n'arrivait à parler que du point de vue du contrôle qu'on avait sur lui, du point de vue des contraintes macroscopiques maintenant le système loin de l'équilibre (théorème de production minimale d'entropie), atteint une intensité telle que les présupposés du mode de description macroscopique deviennent intenables: il semble qu'on puisse dire que le système n'est plus contrôlé mais, au contraire, exploite les contraintes par lesquelles le milieu ou l'expérimentation tentent de le définir macroscopiquement comme système thermodynamique.

Le problème de la stabilité, la possibilité qu'une fluctuation puisse n'être plus vouée à l'insignifiance du point de vue macroscopique, mais puisse atteindre des dimensions et un temps de vie macroscopiques, imposent la conception d'un nouveau type d'objet, d'une nouvelle objectivité qui ne soit pas celle de la thermodynamique, qui identifie le connaissable avec le contrôlable, puisque c'est lorsque le contrôle est 'débordé' que le problème de la stabilité se pose, mais qui ne soit pas non plus celle de la dynamique qui déploie l'ensemble de l'évolution d'un système à partir de sa description en un état instantané. Dans ce dernier cadre, en effet, la distinction entre un système et son milieu, celle entre état d'équilibre, où les processus ne se manifestent plus au niveau macroscopique, et état éloigné de l'équilibre, celle entre déterminisme macroscopique et fluctuations locales, seraient éliminées comme approximations dénuées de signification dynamique. Avec elles également serait supprimé le point de vue nouveau que la prise en considération des processus dissipant de l'énergie imposait en thermodynamique, et donc le problème de la stabilité. La stabilité impose, *si ce concept doit avoir un sens*, que les contraintes qui définissent macroscopiquement le système par sa distance à l'équilibre *gardent une signification* puisque ce sont elles qui posent le problème de la stabilité; il faut que le mode de description macroscopique *garde un sens* pour que le seuil à partir duquel ce mode de description est débordé, à partir duquel les fluctuations cessent d'être vouées à la régression par la nécessité statistique, puisse être défini. Le problème de la stabilité implique que le niveau de description macroscopique où ce problème peut être posé ne soit pas défini comme une simple approximation

par rapport à un niveau plus fondamental et qu'il ne soit pas non plus défini par le caractère maîtrisable, manipulable, contrôlable et prévisible de ses objets.

Avec les structures dissipatives, nous sommes donc en présence, véritablement, d'un nouvel état de la matière, d'un nouveau type d'ordre macroscopique lié aux processus irréversibles et impliquant un comportement organisé et cohérent des constituants du système. Alors que l'état macroscopique stable des autres systèmes physico-chimiques peut être déduit de manière statistiquement déterministe à partir de la constitution chimique et de l'interaction avec le milieu, le mode de fonctionnement de la structure dissipative ne peut être justifié sans référence à l'élément imprévisible de la fluctuation dont elle constitue l'amplification stabilisée. La nécessité statistique et le hasard des fluctuations sont indissociablement imbriqués dans cette description. L'élément hasard ne signifie pas, bien au contraire, l'arbitraire, la liberté d'indifférence pour la structure qui se crée. La définition macroscopique du système détermine en effet le seuil d'instabilité à partir duquel une fluctuation peut être amplifiée et aussi vers quels régimes de fonctionnement stables le système est susceptible d'évoluer. L'élément fortuit est cependant irréductible, imposé au sein même de la nécessité de la description macroscopique: lorsque plusieurs états dissipatifs sont accessibles à partir d'un état instable, aucune description *macroscopique* ne permet de prévoir quelle fluctuation va se produire, vers quel régime de fonctionnement le système va évoluer.

Remarquons que les structures dissipatives elles-mêmes peuvent être instables, soit à la suite d'une nouvelle interaction avec le milieu, soit par rapport à d'autre types de fluctuations. Une structure produite par une *succession* de fluctuations amplifiées ne peut donc être comprise que par référence à son passé; aucune description de son état physico-chimique en un instant donné ne peut rendre raison de son fonctionnement; et ce passé, tissé d'événements imprévisibles, doit rapidement être considéré comme unique et non reproductible. A quel titre alors dirions-nous que la structure dissipative n'est pas le produit d'une *histoire* individuelle? Loin de l'équilibre, la physique verrait donc s'unir de manière indissoluble les notions de structure, de fonction et d'histoire, ce que niait la physique classique au nom de la réversibilité du comportement des éléments fondamentaux de la réalité.

Jusqu'ici, les fluctuations dont nous avons examiné la possible amplification concernaient les concentrations des unités actives constitutives du système; la stabilité d'un système peut cependant être mise en danger d'une autre façon: des 'mutations' peuvent affecter certaines unités, ou d'autres types d'unités peuvent être introduits qui établissent et impliquent un nouveau type de relations entre les constituants du système. Il se produit alors une véritable compétition entre les différents modes de fonctionnements possibles du système; les mutants ou les intrus, initialement peu nombreux, seront éliminés, et le fonctionnement 'orthodoxe' préservé,

sauf si leur présence détermine l'instabilité de ce fonctionnement. En ce cas, loin d'être détruits, ils se multiplieront et le système tout entier adoptera le nouveau mode de fonctionnement, au prix de la destruction de ceux qui n'y jouent plus de rôle. Dans ce cas, c'est donc la stabilité de la structure même du système, de la 'syntaxe' des opérations qui s'y produisent, qui est explorée.

Prenons un exemple simple, celui d'une population de macromolécules auto-réplicatives; dans ce cas, analysé par Eigen[13], la population est dominée par celle des macromolécules qui est capable de catalyser avec le plus d'efficacité et de précision sa propre synthèse; à la suite d''erreurs' de copie, des macromolécules 'mutantes', de séquence différente, apparaissent sans cesse; ces erreurs sont cependant sans conséquence et ces 'monstres' ne se multiplient pas tant qu'ils se reproduisent moins vite que la molécule dominante 'normale'; mais si l'un des monstres se reproduit plus vite et mieux que cette dernière, il l'éliminera et deviendra à son tour la norme.

L'étude de la stabilité structurelle permet de poser des questions essentielles sur les mécanismes d'évolution et de différenciation d'un écosystème ou d'une population: quels innovateurs parviendront à bouleverser le système où ils font intrusion, quels systèmes parviendront à résister et à éliminer ces créateurs dangereux. Des modèles commencent à être étudiés à propos des situations les plus diverses. Ainsi, la subdivision d'une espèce en castes: dans quelles conditions de compétition entre populations, y aura-t-il avantage à ce qu'une fraction d'une population se spécialise dans une activité belliqueuse et non productive (les soldats chez les insectes sociaux); ainsi, la spécialisation des activités prédatrices: dans quel type de milieu sera-t-il avantageux pour une espèce de restreindre la gamme de ses ressources alimentaires, dans quel autre vaut-il mieux exploiter le plus grand nombre possible de ressources diverses; ainsi la dynamique de l'évolution d'une population de proies et de prédateurs: l'apparition d'une proie plus habile à échapper, d'un prédateur plus efficace pour capturer, constituent des facteurs d'instabilité structurelle; l'exigence de stabilité de l'écosystème permet la prévision de tendances évolutionnaires à longs termes que certaines données empiriques semblent d'ores et déjà confirmer[10].

Il est possible que l''ordre par fluctuation' entraîne ainsi à poser de nouvelles questions, à poser comme un *problème* les rapports entre l'individu et la structure au lieu de les opposer abstraitement ou de nier tout aussi abstraitement leur opposition. Nous pensons ici plus spécialement à des discussions comme celles qui mettent en question l'importance respective des structures socio-économiques et du rôle révolutionnaire des 'grands hommes' dans les bouleversements de l'histoire. Les propriétés de stabilité que nous décrivons, dans la mesure où elles associent à une activité élémentaire désordonnée une organisation globale que cette activité peut engendrer et aussi, éventuellement, détruire, nous semblent rencontrer des notions que, dans d'autres disciplines, on a considéré comme fondamen-

tales. Des termes comme fonction, dysfonction, crise pourraient désormais prendre un sens en physique. Celle-ci s'ouvre donc aux leçons et aux concepts venus d'horizons qui jusque là devaient lui rester étrangers car elle en niait théoriquement jusqu'à la possibilité.

I. P. et I. S.

REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement Monsieur le Professeur P. Glansdorff pour les remarques intéressantes qu'il nous a faites. Ce travail est publié avec l'aide du Ministère de l'Education Nationale et de la Culture Française et du Ministère de l'Education Nationale et de la Culture Néerlandaise.

BIBLIOGRAPHIE ET RÉFÉRENCES

Références générales

1 DELEUZE, G., *Différence et répétition*, Paris, PUF, 1972. *Proust et les signes*, édition augmentée, Paris, PUF, 1972.

2 DIDEROT, D., *Oeuvres*, Paris, Pléiade, 1935, p. 670-671.

3 FOUCAULT, M., *Les mots et les choses, une archéologie des sciences humaines*, Paris, Gallimard, 1966.

4 GUSDORF, G., *La révolution galiléenne*, Paris, Payot, 1969. *Dieu, la Nature, l'Homme au siècle des Lumières*, Paris, Payot, 1972.

5 Nous ne pouvons accepter l'irrationalisme qui, à nos yeux, fonde cette thèse de la liaison essentielle soutenue, par exemple, par HEIDEGGER, M., *Qu'est-ce qu'une chose?* Paris, Gallimard.

6 KOYRÉ, A., *Etudes galiléennes*, Paris, Hermann, 1939. *Etudes Newtoniennes*, Paris, Gallimard, 1968.

7 MONOD, J., *Le hasard et la nécessité*, Paris, Seuil, 1970.

8 NEEDHAM, J., *La science chinoise et l'Occident; le grand titrage*, traduction E. Jacob, Paris, Seuil, 1973.

9 WHITEHEAD, A. N., *Science and the Modern World*, Cambridge, Cambridge University Press, 1927.

Thermodynamique

10 ALLEN, P., *Darwinian Evolution and a Predator-prey Ecology*, in *Bulletin of Mathematical Biology*, 37, 1975.

11 BRUSH, S., *Thermodynamics and History*, in *The Graduate Journal*, vol. VII, n° 2, p. 477-565, Austin, 1967. *Kinetic Theory*, vol. 1, *The Nature of Gases and Heat*, Oxford, Pergamon Press, 1965; vol. 2, *Irreversible Process*, Oxford, Pergamon Press, 1966.

12 CARDWELL, D., *From Watt to Clausius*, London, Heinemann, 1971.

13 EIGEN, M., *Selforganization of Matter and the Evolution of Biological Macromolecules*, in *Naturwissenschaften*, vol. 58, p. 465-523, 1971.

14 GLANSDORFF, P. et PRIGOGINE, I., *Structure, stabilité et fluctuation*, Paris, Masson, 1971.

15 PRIGOGINE, I., *La thermodynamique de la vie*, in *La Recherche*, Vol. 3, n° 24, p. 547-562, 1971.

16 PRIGOGINE, I., NICOLIS, G., BABLOYANTZ, A., *Thermodynamics of Evolution*, in *Physics Today*, I, vol. 25, n° 11, p. 23-28; II, vol. 25, n° 12, p. 38-44, 1972.

17 PRIGOGINE, I. et NICOLIS, G., *Self Organization in Non Equilibrium Systems*, New York, Wiley, 1977.

Epistémologie de la mécanique quantique

18 BOHR, N., *Physique atomique et connaissance humaine*, Paris, Gauthier-Villard, 1972.

19 D'ESPAGNAT, B., *Conceptions de la physique contemporaine*, Paris, Hermann, 1965. *Logique quantique et non séparabilité*, in *The Physicist's Conception of Nature*, ed. J. MEHRA, Dordrecht-Holland, D. Reidel Pub. Comp., 1973.

20 HEISENBERG, W., *Physics and Philosophy*, 3e ed., London, Allen and Unwin, 1971.

21 JAMMER, M., *The Conceptual Development of Quantum Mechanics*, New York, Mac Graw Hill.

22 KÖRNER, S. (ed.), *Observation and Interpretation*, Butterworth's Scientific Publications, London, 1957.

23 PETERSEN, A., *Quantum Mechanics and the Philosophical Tradition*, MIT Press, 1968.

24 ROSENFELD, L., *L'évidence de la complémentarité*, in *Louis de Broglie, Physicien et Penseur*, Paris, Albin Michel, 1953; in *Nature*, 190, 384, 1961. *The Measuring Process in Quantum Mechanics*, in *Supp. of the Progress of Theoretical Physics*, 222, 1965.

25 TOULMIN, S. (ed.), *Physical Reality, Philosophical Essays on Twentieth Century Physics*, Harper Torchbooks, New York, Harper and Row, 1970.

Irréversibilité et brisement de symétrie

26 GEORGE, C., PRIGOGINE, I. and ROSENFELD, L., *The Macroscopic Level of Quantum Mechanics*, in *Det Kong. Danske Vidensk. Selks. Math. Phys. Medd.* 38, 12, 1972.

27 PRIGOGINE, I., *The Statistical Interpretation of Non-Equilibrium Entropy*, *Acta Physica Austriaca*, Supp. X, 401-450, 1973. *Time, Irreversibility and Structure*, in *The Physicist's Conception of Nature*, J. MEHRA (ed.), Dordrecht-Holland, D. Reidel Publ. Comp., 1973. *Measurement Process and the Macroscopic Level of Quantum Mechanics*, id. *La naissance du temps*, *Acad. Roy. Belg., Bull. Cl. Sci.*, 1973. *Irreversibility as a Symmetry-breaking Process*, in *Nature*, 248, 67-71, 1973. *Physique et Métaphysique*, *Acad. Roy. Belg. Bulletin spécial du Bicentenaire*, 1974.

28 PRIGOGINE, I., GEORGE, C., HENIN, F. and ROSENFELD, L., *A Unified Formulation of Dynamics and Thermodynamics*, in *Chemica Scripta*, vol. 4, p. 5-32, 1973.

La Nuova Alleanza

Prima parte - Dalla dinamica alla termodinamica: la progressiva apertura della fisica al mondo dei processi naturali

ILYA PRIGOGINE
Université Libre de Bruxelles
University of Texas, Austin

ISABELLE STENGERS
Université Libre de Bruxelles

«L'antica alleanza è rotta; l'uomo sa infine che egli è solo nell'immensità indifferente dell'Universo da cui è emerso per caso».

J. Monod

LA VECCHIA ALLEANZA - I

« Vedete quest'uovo? È con esso che si rovesciano tutte le scuole di teologia e tutti i templi della terra. Che cos'è quest'uovo? Una massa insensibile prima che vi sia introdotto il germe... In che modo questa massa passerà ad un'altra organizzazione, alla sensibilità, alla vita? Per mezzo del calore. Chi produrrà il calore? il movimento? Quali saranno gli effetti successivi di questo movimento? Invece di rispondermi, sedete e seguiamoli con l'occhio di momento in momento. Dapprima è un punto che oscilla, una rete che si estende e si colora; carne che si forma, un becco, degli accenni d'ala, occhi, zampe che appaiono; una materia giallastra che si divide e produce intestini; è un animale... cammina, vola, si irrita, fugge, si avvicina, si lamenta, soffre, ama, desidera, gioisce; ha tutti i vostri sentimenti; compie tutte le vostre azioni. Pretendereste, con Descartes, che si tratti di una pura macchina imitativa? Ma i bambini vi deriderebbero ed i filosofi replicherebbero che se si tratta di una macchina, anche voi lo siete. Se confessate che tra l'animale e voi non vi sono che differenze di organizzazione, mostrerete buon senso e ragione, sarete in buona fede; ma si concluderà contro di voi che con una materia inerte, disposta in una certa maniera, impregnata di un'altra materia inerte, di calore e di movimento si ottiene sensibilità, vita, memoria, coscienza, passioni, pensiero... Ascoltate e avrete pietà di voi stessi; sentirete che per non ammettere una supposizione semplice che spiega tutto, la sensibilità, proprietà generale della materia, o prodotto dell'organizzazione, voi rinunciate al senso comune, e vi precipitate in un abisso di misteri; di contraddizioni e di assurdità ».

Quale tempio l'uovo di Diderot[2] sta per rovesciare? Quale avversario Diderot tenta di convincere? Contro quale credenza, quale convinzione morta e ripiegata su se stessa, richiama alla potenza creatrice e inventiva della vita, alla sensibilità, alla capacità autonoma d'organizzazione della materia? L'interlocutore di Diderot non è uno di quelli che, in nome di uno spiritualismo oscurantista, combattevano le forze della ragione, del progresso e della libertà nel secolo dei lumi; l'interlocutore di Diderot è d'Alembert, matematico, fisico, filosofo razionalista, autore del *Discours préliminaire de l'Encyclopédie*; e il tempio che bisogna rovesciare, è quello in cui è adorato il nuovo idolo, la verità newtoniana.
Non ci inganniamo: la verità newtoniana

è quella da cui la nostra scienza ha ereditato, di cui essa è sempre depositaria e che essa continua a proclamare, ma di cui i bambini continuano a beffarsi ed a cui i filosofi non cessano di replicare: che cos'è una verità che rende inintelligibile la possibilità del suo stesso verificarsi? Non è un caso che con la penna di Diderot il materialismo ateo sia giunto, in questa fine del 18mo secolo, a denunciare la complicità oggettiva tra la religione dello spiritualismo astratto e la concezione della natura che fonda la scienza istituita nel 17mo secolo.

Si pensi a lavori come quelli di Whitehead[9], di Koyré[6], di Needham[8] che tentano di distruggere una illusione ancora viva, che identifica lo sviluppo della scienza nel 17mo secolo con il trionfo dell'umiltà del ricercatore, supposto sottomesso al verdetto dei fatti e pronto ad accettare la verifica sperimentale, sull'orgoglio del metafisico dogmatico. Essi hanno mostrato che l'alleanza feconda tra teoria e tecnica, tipica dell'attività di sperimentazione sistematica che costituisce la scienza moderna, non è l'esito 'naturale' del divenire umano, il compimento d'una razionalità in linea di diritto universalmente valida. Di essa occorrerebbe solo chiarire che l'Europa, e l'Europa sola, l'ha rivelata a se stessa. Ciò che ci viene ricordato dai loro lavori è il carattere intensamente paradossale della nozione di 'legge scientifica', è il carattere specifico, inaudito in altre civiltà e in altri tempi, dell'ambizione dei fondatori della scienza moderna: scoprire, tramite i mezzi strettamente finiti della dimostrazione matematica, dell'osservazione empirica e della misura quantitativa, la verità della natura, i principi cui essa è sottomessa. Il fatto è che la ricerca di leggi nella natura implica la convinzione che la natura *obbedisca* ad un certo numero di principi intelligibili, e che questi principi non siano soltanto leggibili dalla ragione umana, ma debbano essere scoperti sempre già scritti *nella* natura. Esagerazione di questa pretesa: l'uomo che ascolta la natura non si limita a farsi voce di una intelligibilità che essa genererebbe nel suo stesso divenire. Galileo, se ascoltava la natura, non l'ascoltava come l'allievo ascolta il maestro; l'ascoltava come giudice e come carnefice. Secondo l'espressione di Kant, Galileo ha messo la natura sotto inchiesta. L'ha idealizzata, cioè mutilata fino a che essa non accettasse di parlare la lingua che egli voleva ascoltare, un linguaggio matematico. Fino a che essa non confessasse di aver sempre 'obbedito' a principi semplici, di cui si deve dire che la semplicità, lungi dal rinviare ad una legge fondamentale la cui ricerca sarebbe il solo scopo della scienza, era l'effetto dell'isolamento prodotto e voluto dalla sperimentazione.

Si ha la convinzione che la natura, al di là dell'accecante molteplicità delle sue forme, obbedisca a leggi semplici. Whitehead, come Needham, ha insistito sul ruolo essenziale del fattore religioso nella fondazione della scienza moderna. Solo questo strano prodotto del pensiero medioevale che è il Dio razionale ed immutabile, essere creatore e provvidenziale, poteva creare e organizzare un mondo che segue principi razionali, costitutivi del fondamento intelligibile e permanente che giustifica e spiega fin nei loro minimi dettagli ogni evento particolare, e il divenire di ogni entità individuale. Questa convinzione 'giustificava', nello stesso tempo, che l'uomo di scienza torturasse e tentasse di far confessare ad ogni avvenimento particolare il principio razionale cui è sottomesso, l'apparente arbitrarietà della sua produzione. Si misurerà ciò che è intrinsecamente impreciso? Si ricercherà una verità prevedibile in ciò che è contingente per essenza? Di quale indagine il sublunare sarebbe passibile?

Ma non è innocentemente che un Dio così cristiano fonda l'intelligibilità del mondo: non è insignificante l'idealizzazione che Galileo fa subire alla natura per descriverla secondo le leggi matematiche. La natura che intende descrivere l'uomo del 17mo secolo è una natura retta da un Dio che le resta esterno: natura cieca, senza intenzione né finalità, intrinsecamente inerte e sottomessa ad una razionalità che le è straniera;

natura spoglia di tutto ciò che permetteva all'uomo di identificarsi lui stesso, attraverso la sua appartenenza essenziale all'antica armonia del divenire naturale.

L'uomo del 17mo secolo è al margine del mondo, corpo materiale, automa cartesiano, anima creata ad immagine di Dio: sfuggente all'ordine naturale, occupa una posizione intermedia in cui può interrogare la natura, ridurla al gioco cieco delle forze ed al movimento indifferente degli atomi, senza che sia messa in discussione la sua specificità umana[4].

Nel 18mo secolo non va più evidentemente nello stesso modo per quei filosofi atei che, come Diderot, interrogano la scienza newtoniana. Essi si vogliono e si proclamano appartenenti alla natura; occorre dunque che la natura possa produrli, possa organizzarsi spontaneamente in forme sempre più complesse, fino alla comparsa dell'animale pensante.

Ecco un punto su cui bisogna insistere ancora una volta; la protesta vitalista trova la sua origine nel materialismo più radicale. Diderot non reclama alcuna spiritualità vaga, quando richiede che la materia sia definita capace di un'attività intrinseca coerente e che si dubiti che la fisica matematica, erede di Galileo e di Newton, possa occuparsi del problema della vita; al contrario, egli intende dare qualche verosimiglianza a questa affermazione rivoluzionaria: l'uomo appartiene alla natura, il pensiero è prodotto dalla materia sensibile e organizzata.

Strano capovolgimento di situazione per chi, come noi, ha imparato a vedere il trionfo della razionalità scientifica sull'oscurantismo spiritualista nella vittoria proclamata dalla biologia contemporanea sul vitalismo, nell'affermazione che, attraverso l'improbabile evoluzione, di miracolo statistico in miracolo statistico, l'automa cibernetico umano ha potuto sorgere senza contraddire le leggi della fisica. Strano contrasto anche tra l'ottimismo di Diderot e la tragicità di Monod, così vicino, significativamente, alla tragicità cristiana di Pascal: « ... bisogna infine che l'uomo si svegli dal suo sogno millenario per scoprire la sua solitudine totale, la sua estraneità radicale. Egli sa ora che, come uno tzigano, è al margine dell'universo in cui deve vivere. Universo sordo alla sua musica, indifferente alle sue speranze, come alle sue sofferenze o ai suo i crimini »[7]. Che il battaglio che la colpisce sia ateo o cristiano, la campana fusa da Galileo e Newton produce sempre lo stesso suono, la stessa umiltà gloriosa, la stessa marginalità orgogliosamente assunta.

Ciò nonostante, dobbiamo arrenderci all'evidenza, la storia (della scienza) ha dato torto all'ottimismo razionalista del 18mo secolo. Alcuni[5] hanno concluso che tra il metodo scientifico nutrito di sperimentazione e di teoria e l'assimilazione della natura a un mondo cieco di atomi e di forze misurabili, non v'è soltanto una associazione storica, ma un legame essenziale. Ogni progresso delle scienze della natura ha consistito nello spogliarla un po' di più di ciò che ci è più familiare, di ciò che tesse i rapporti dell'uomo con il mondo. Il riconoscimento dello statuto fisico — cioè scientifico — della vita coincide con l'elucidazione di tutto ciò che caratterizza propriamente il vivente — attività spontanea, organizzazione autonoma, comportamento coerente — come altrettanti *effetti* prodotti da stati improbabili della materia inerte, quale è descritta dalla fisica matematica.

La storia della scienza mostra in ogni caso che la metodologia scientifica non si definisce semplicemente mediante la sua eminentissima razionalità, ma soprattutto mediante la sua *capacità* di estendere a domini sempre più complessi il tipo di idealizzazione che rende questa metodologia possibile, *ormai indipendentemente da ogni convinzione metafisica esplicita*. Perché l'idealizzazione scientifica *riesce*, è un problema cui nessun filosofo dovrebbe rifiutare di pensare. La scienza scopre effettivamente leggi cui la natura è sottomessa. La scienza riesce e l'uomo di scienza, che non vuole staccarsi dalla sua finitezza, non cessa di estendere e di rendere più efficienti descrizioni che non sono possibili che da un punto di vista

divino; il mondo che conosce l'uomo di scienza è un mondo che lo esclude, un mondo in cui non esiste alcun posto per colui che lo descrive. Nella misura in cui la scienza trionfa, si fa dunque opaco il mistero della sua possibilità; l'uomo di scienza si scopre capace di vedere e di comprendere molte cose, ma non l'esistenza profondamente naturale di esseri viventi e parlanti.

Della situazione epistemologica della scienza moderna, come l'abbiamo disegnata in tratti schematici, Kant ha dato conto in tutta la sua radicale estraneità. Ciò facendo, ha annunciato la condanna irrimediabile di ogni tentativo di unificare l'esperienza umana, l'insuperabile scissione del sapere umano tra la conoscenza razionale, comunicabile ed empiricamente verificabile, e l'esperienza morale, religiosa, estetica. Kant fornisce tutto il suo significato al nostro rilievo: la descrizione scientifica è, intrinsecamente, descrizione secondo un punto di vista inaccessibile all'uomo, divino. Ancora, il mondo conoscibile che il Dio del 17mo secolo aveva creato secondo alcuni principi razionali, *è il soggetto conoscente* che, nella *Critica alla Ragion Pura*, lo costituisce secondo questi principi. Il mondo che l'uomo di scienza studia, per il fatto stesso che è preso per oggetto di conoscenza, si trova sottomesso, costituito nella sua obiettività, mediante questi stessi principi che vi si scoprono correlativamente come regolarità 'naturali' (principio di ragion sufficiente, causalità lineare, ecc.).
Kant fornisce dunque l'intelligibilità della situazione epistemologica paradossale della scienza moderna; la conoscenza umana, finita, genera costitutivamente l'illusione della sua stessa infinitezza, per il carattere totalizzante della verità che produce. Ovunque vada, essa trasporta con sé le condizioni della sua possibilità; ciò che essa tenta di comprendere, d'immaginare, di descrivere, si trova, per se stesso, sottomesso alle condizioni che lo costituiscono come oggetto di conoscenza per la comprensione; per quanto lontano l'uomo guardi, egli sempre si è già preceduto e non incontra che una 'natura' ubbidiente alle leggi necessarie scoperte dalla fisica matematica.
Il prezzo da pagare per l'intelligibilità che propone Kant è pesante. Kant ha proclamato lui stesso di limitare il sapere per far posto alla fede: il sapere umano non ha accesso che al mondo senza interesse né significato dei fenomeni. È una giustizia ironica che Kant rende alla scienza moderna quando istituisce come legittimo dominio di essa il mondo dove i problemi sono futili e facili e la esclude radicalmente da tutte le questioni che concernono il senso della vita ed il destino dell'uomo. Entro l'opera kantiana si annuncia anche la doppia concezione del tempo che lacera sempre il sapere contemporaneo, e costituisce la descrizione scientifica in contraddizione assoluta con l'esperienza umana più fondamentale: tempo originario, struttura essenziale della soggettività, nel cui orizzonte il sensibile si offre come oggetto di conoscenza e tempo lineare, serie di momenti presenti che presuppongono una legge causale.

La rinuncia alla quale la filosofia trascendentale vuole costringere la scienza è difficile, ma è anche difficile il ruolo che la filosofia trascendentale si riserva; essa si trova lacerata dalla distinzione tra trascendentale e empirico che essa ha dovuto istituire per dar conto del successo della scienza, malgrado la contraddizione epistemologica del suo progetto. Il soggetto trascendentale non ha altro specchio per conoscersi che l'esperienza empirica e pertanto deve pensarsi al di là di ogni esperienza empirica particolare, costituendo trascendentalmente il riflesso che egli contempla; come evitare il rischio di ricalcare il fondamento trascendentale sull'empirico che si deve fondare? Come evitare il rischio di ridurre la filosofia ad una antropologia clandestinamente empirica?[3]
Queste difficoltà sono aggravate dallo sviluppo delle scienze umane che fanno dell'uomo l'"oggetto' d'una ricerca empirica e tentano di spiegarlo come prodotto dell'evoluzione biologica, dello sviluppo adattativo, della storia o della società.

Diviso tra le scienze della natura che si proclamano le sole che descrivono rigorosamente il mondo e che, se riconoscono che l'uomo è ancora un soggetto troppo complesso per esse, non negano meno radicalmente la realtà di ciò che fonda la sua esistenza, le scienze umane in conflitto permanente quanto alla loro metodologia, ma che si accordano per ricondurre la verità delle scienze della natura ad un semplice pragmatismo, ed un pensiero filosofico sdegnoso delle scienze, che pretende una verità più originaria e pertanto continuamente sulla difensiva, l'uomo del 20mo secolo ha a sua disposizione una massa di conoscenze che nessuno prima di lui possedeva, ma, meno di ogni altro, egli conosce ciò che è, e ciò che sa.

È in parte lo stesso successo dell'idealizzazione galileiana, la limpidità delle descrizioni prodotte, contrastante con l'opacità del lavoro per produrle, che ha contribuito ad isolare ciò che è scientifico, a fare della scienza un oggetto estraneo, oggetto di collera, di derisione o di ammirazione. Lo scandalo della scienza moderna è che, dopo la rottura della vecchia alleanza, garante di intelligibilità, tra Dio e gli uomini, vive una efficacia che essa non può spiegare, ma di cui risente troppo profondamente, come produzione di verità nuove e rigorose, per poter accettare le interpretazioni nichiliste di coloro che giudicano la sua pratica senza conoscerla, cioè senza parteciparvi.

La scienza moderna, la nostra scienza... è ancora veramente la nostra scienza, questa scienza che abbiamo descritto, questa scienza che funziona grazie all'illusione che le difficoltà epistemologiche che essa suscita restino all'esterno di se stessa, e non modifichino la trasparenza dei suoi risultati? Poiché dopo la fine del 19mo secolo crisi profonde hanno scosso i fondamenti della fisica, ormai travagliata all'interno dalla questione della sua stessa possibilità, il problema dello statuto delle verità che essa produce diviene per essa un problema propriamente scientifico che le impone di aprirsi all'interrogativo epistemologico. Tale divenire della scienza è il soggetto di questo studio. È anche la più alta speranza che possano concepire coloro che non accettano l'attuale rottura, l'attuale opacità, l'attuale silenzio.

STRUTTURA E DISSIPAZIONE - II

Vorremmo far comprendere, in questo paragrafo, come la fisica teorica sia giunta, attraverso il suo stesso divenire, a mettere in dubbio ed a superare l'idealizzazione che la fonda e ad aprire così un cammino fuori della difficoltà cui il suo trionfo aveva condotto il pensiero occidentale.

La fisica classica conosceva zone di luce e zone d'ombra; è dalle zone d'ombra create dall'intelligibile luce galileiana che sono scaturiti certi concetti cui è stato necessario riconoscere uno statuto fisico e la cui presenza ha minato dall'interno la fisica classica. Parleremo prima di irreversibilità e successivamente del problema della misura. Nei due casi si tratta di problemi alla frontiera della separazione classica tra la natura e l'uomo. L'irreversibilità è una proprietà della natura o dell'osservatore? E la misura, come si può situare? Si tratta di una necessità tecnica o di una dimensione essenziale nella nostra descrizione del mondo? Come vedremo, l'elemento caratteristico della misura sarà proprio l'irreversibilità. Al centro della nostra discussione, il problema del tempo in fisica si porrà dunque ogni volta.

Parlavamo di zone di luce e di zone d'ombra. La zona di luce più celebre è forse quella che corrisponde alla formulazione delle leggi del moto e, in particolare, alla formulazione hamiltoniana di queste leggi. Le coordinate q e le quantità di moto p permettono di costruire una funzione di queste variabili: $H(p, q)$, l'hamiltoniana, la cui conoscenza ci dà direttamente le leggi del moto. Il concetto di hamiltoniana è d'una importanza estrema in fisica teorica. È notevole che essa sia sopravvissuta alle due maggiori rivoluzioni scientifiche di questo secolo: la relatività e la meccanica quantistica.

La formulazione hamiltoniana della dinamica può farsi mediante diversi tipi di coordinate e di quantità di moto. Si tratta di una generalizzazione della nozione di cambiamento di coordinate che implica il superamento del realismo ingenuo della formulazione iniziale della fisica newtoniana. La possibilità di cambiare coordinate, di riferire un fenomeno a coordinate cartesiane o polari, implica già che si debba distinguere il fenomeno fisico dal linguaggio introdotto mediante la scelta delle coordinate: proprio la formulazione hamiltoniana ci permette di fare uso a nostra scelta di un sistema di variabili canoniche (coordinate *e* momenti) o di un altro. Pensiamo ad un cristallo. Possiamo descrivere la sua evoluzione dinamica in termini di coordinate delle particelle che lo compongono; possiamo anche pensare alle onde, movimento coerente di particelle, di cui può essere sede. Queste 'due descrizioni' sono 'equivalenti' nel senso che si può, mediante una 'trasformazione canonica', passare da una descrizione all'altra. Queste nozioni di equivalenza e di trasformazione sono molto importanti poiché sono esse che definiscono i limiti entro i quali il fisico è libero di scegliere il suo linguaggio per descrivere uno stesso fenomeno fisico.

Esiste, nonostante tutto, un linguaggio, un sistema di variabili particolari, che goda di un ruolo privilegiato? Sì, se esiste un sistema che fa apparire nell'hamiltoniana proprietà fisiche importanti delle particelle che costituiscono il sistema. Per esempio, nel caso del cristallo, possiamo passare a variabili tali per cui appaiano nell'hamiltoniana le frequenze di quei fenomeni ondulatori di cui il cristallo può essere sede. La situazione è analoga in meccanica quantistica. Ivi, ancora, si passa, mediante una trasformazione canonica (che nel caso quantistico viene chiamata unitaria), ad una rappresentazione che diagonalizza l'hamiltoniana, cioè che permette di esplicitare i livelli energetici che il sistema può occupare. Ma, quale che sia la rappresentazione scelta, l'essenziale qui è di sottolineare che tutti i processi che la fisica hamiltoniana descrive sono *simmetrici in rapporto al parametro tempo*; non si verifica alcun processo di cui la fisica non ammetta altrettanto bene e indifferentemente l'inverso, in condizioni fisiche diverse. Ciò vuol dire che la fisica classica ammette anche, e indifferentemente, che un miscuglio eterogeneo si omogenizzi o che un miscuglio omogeneo si dissoci, che una distribuzione di temperatura si equilibri o che si produca spontaneamente una separazione tra una regione fredda ed una calda.

Ora è proprio questo che viene escluso dal secondo principio della termodinamica, così come gli ingegneri ed i fisico-chimici lo hanno definito nel 19mo secolo e lo hanno imposto all'attenzione dei fisici[12].

Il secondo principio definisce le proprietà di una funzione che descrive i sistemi entro i quali si producono trasformazioni fisico-chimiche: l'entropia. Essa stabilisce che nessun processo che si verifichi *all'interno* del sistema può far diminuire la quantità di entropia del sistema: nel corso dell'evoluzione del sistema, la quantità di entropia legata a questi processi *interni* (e non a quelli di scambio tra l'ambiente ed il sistema) non può che crescere o restare costante. Nei sistemi isolati, nei quali non si hanno scambi con l'ambiente, si può caratterizzare ciascun sistema mediante uno stato corrispondente alla massima entropia: lo stato di equilibrio, stato in cui non è più possibile alcun processo che produca entropia. Il secondo principio permette dunque di distinguere due tipi di trasformazioni: le trasformazioni che *conservano* l'entropia, compatibili con lo stato di equilibrio e definibili come reversibili, poiché la trasformazione inversa è ugualmente ammessa dal secondo principio; e le trasformazioni che *producono* entropia che si annullano all'equilibrio e che sono irreversibili poiché il secondo principio esclude la possibilità delle trasformazioni inverse. Il comportamento di un sistema all'equilibrio è dunque il solo che la termodinamica ammette come simmetrico rispetto al tempo.

Il 19mo secolo ha risuonato per gli echi del dibattito tra energetisti e meccanicisti[11]. I primi si basavano sul secondo principio per dimostrare l'insufficienza essenziale della fisica classica. I secondi si impegnavano per 'ricuperare' il secondo principio, per mostrare che un comportamento *irreversibile* dei sistemi macroscopici studiati dalla termodinamica era compatibile con le leggi *reversibili* che reggono il comportamento microscopico dei componenti del sistema. Con i lavori di Boltzmann e di Maxwell, è apparso che questo ricupero esigeva un elemento nuovo, suscettibile di riconciliare queste due descrizioni evidentemente contraddittorie. Tale elemento è il carattere stocastico, attribuito alle leggi fisiche che lo presentano. L'interpretazione probabilistica del secondo principio faceva dell'evoluzione irreversibile un comportamento solo *compatibile* con la dinamica e caratterizzato come il più probabile statisticamente.

È noto che, a seguito dei lavori di Boltzmann, di Maxwell, di Gibbs e di Ehrenfest, l'interpretazione probabilistica dell'entropia è stata accettata generalmente, benché, con il problema del '*coarse graining*' e della proposta identificazione dell'entropia con l'informazione, la vecchia contestazione positivista della fisica sia risorta nel 20mo secolo allo stesso interno della meccanica statistica[19]. Con gli argomenti quali quelli di Wigner sulla necessità di aggiungere al formalismo quantistico termini rappresentanti 'lo stato di spirito' dell'osservatore, e quelli di Jaynes, che riduce l'insieme della dinamica a teoremi sulla possibilità di prevedere e di manipolare efficacemente, è, al limite, la dinamica stessa che sembra in pericolo a causa del ricupero che essa ha effettuato.

L'interpretazione statistica del secondo principio costituisce, bisogna riconoscerlo, una prova di forza per la fisica classica. Due tipi di fenomeni le risultavano inintelligibili, l'attività macroscopica di un sistema che implicasse una organizzazione spontanea e coerente dei suoi costituenti, e l'irreversibilità di certe trasformazioni fisiche. L'interpretazione probabilistica permette di dare uno statuto fisico ai due tipi di fenomeni, ma essa se li gioca l'uno contro l'altro. La fisica ammette ormai che a seguito di una distribuzione molto particolare dei suoi costituenti — distribuzione improbabile con riferimento al livello fondamentale retto dalla fisica hamiltoniana, imprevedibile dunque per la fisica, ma compatibile con essa — un sistema può avere una attività macroscopica; esiste *un solo* tipo di attività macroscopica che la fisica proclama di esser capace di prevedere e ammette come riproducibile: questo solo oggetto legittimo della sua investigazione è precisamente il processo di *annullamento di ogni attività macroscopica*, l'evoluzione irreversibile del sistema verso lo stato di equilibrio definito come lo stato più probabile, date le condizioni imposte al sistema dall'ambiente.

L'interpretazione probabilistica identifica dunque i processi macroscopici irreversibili, di cui il secondo principio costringe la fisica ad ammettere l'esistenza, con il processo di ristabilimento della « normalità fisica » quando una interazione particolare, di cui la fisica non deve render conto, ha posto il sistema al margine della legge, lo ha messo in una situazione in cui, contrariamente all'idealizzazione galileo-hamiltoniana, «qualche cosa poteva accadere». Prova di forza, poiché la sola evoluzione irreversibile legalmente riconosciuta è quella mediante cui la legge dei grandi numeri impone l'eliminazione di ogni stato improbabile, poiché il solo stato prevedibile dalla fisica resta lo stato di equilibrio in cui nessuna attività macroscopica è più possibile. Prova di forza ripresa dalla biologia contemporanea che basa la spiegazione del funzionamento dell'essere vivente sull'impressionante serie di eventi improbabili, 'e di cui dunque la fisica non ha da dar conto', che costituiscono l'apparizione del codice genetico e le mutazioni favorevoli, e sull'evoluzione *prevedibile* verso la morte e l'inattività macroscopica, cui il secondo principio assimila la vita di ogni vivente, dopo l'evento estremamente improbabile della sua nascita. Come ogni attività macroscopica organiz-

zata, la vita è dunque al margine di un universo retto da leggi che l'ignorano e nel quale essa non è sorta che per accidente.
È certo che a seguito dei lavori di Boltzmann e dei suoi successori, il recupero probabilistico del secondo principio da parte della fisica classica ha aperto vie nuove e feconde. Ma occorre riconoscere anche che esso ha condotto a gravi confusioni, in particolare per la descrizione degli stati lontani dall'equilibrio termodinamico. Che cosa significa in effetti la parola 'probabilità' nel contesto fisico? All'equilibrio termodinamico tutti gli stati microscopici hanno lo stesso peso statistico; possiamo allora parlare di probabilità nel senso classico. Non è più la stessa cosa quando l'interazione con l'ambiente esterno mantiene un sistema fuori dall'equilibrio. Come giustificare allora la terminologia probabilistica? Come giustificare, nel caso in cui in permanenza hanno luogo processi macroscopici, l'impiego di concetti che non descrivono i processi se non dal punto di vista del loro annullamento all'equilibrio?

Risorge qui l'estraneità fondamentale della termodinamica nei rapporti della dinamica classica. La termodinamica è la scienza dei processi. Creata dagli ingegneri e dai fisicochimici, essa descrive fenomenologicamente effetti accoppiati, processi chimici, fenomeni d'assorbimento e d'emissione; fondamentalmente essa esige dunque un trattamento positivo per questi fenomeni, un trattamento che non prenda come riferimento lo stato di equilibrio, in cui per definizione essi scompaiono.
L'impiego dei concetti probabilistici, fondati sul presupposto della realtà d'un livello reversibile, dove i processi non hanno senso, è stato possibile per la termodinamica di equilibrio, nel caso in cui il solo comportamento prevedibile è l'evoluzione verso l'equilibrio. Ma l'elemento, già sospetto, che si era dovuto aggiungere alle leggi dinamiche, il carattere stocastico che era stato necessario conferire alle leggi di evoluzione, diviene profondamente paradossale quando si tratta di processi irreversibili che si svilupPano in permanenza; è l'estrapolazione dei concetti probabilistici al dominio studiato dalla termodinamica di non-equilibrio che ha prodotto la strana assimilazione della vita ad un epifenomeno, la cui esistenza non può essere giustificata se non facendo appello, al di là delle leggi fisiche, al caso miracoloso. Vedremo oltre che nel quadro d'una dinamica generalizzata in cui la nozione di processo ha un significato fisico, il rapporto tra probabilità e dinamica è capovolto. Il secondo principio assume lo statuto d'un teorema di dinamica, senza uno specifico richiamo al calcolo delle probabilità. Al contrario è la dinamica che determina per quali sistemi possa essere effettuata una descrizione in termini di probabilità. Lungi dall'aggiungersi ad una descrizione dinamica che le sarebbe estranea, la descrizione probabilistica è qui dunque fondata, quanto alla sua possibilità, sulla dinamica.

Prima di tornare su questo punto, dobbiamo descrivere i recenti progressi della termodinamica fenomenologica di non-equilibrio. Sono questi progressi che mettono meglio in evidenza la necessità di una interpretazione dei processi che non prenda come riferimento lo stato d'equilibrio, in cui i processi irreversibili si annullano.
La termodinamica di non-equilibrio tratta dei sistemi in cui si verificano scambi con l'ambiente, cioè dei sistemi non isolati. In essi la variazione di entropia è legata non solo ai processi interni al sistema, come nei sistemi isolati, ma anche ai flussi di energia e di materia tra sistema e ambiente. La sola considerazione dell'entropia non basta più allora a determinare il comportamento del sistema, poiché il secondo principio non impone alcuna condizione alla variazione di entropia legata agli scambi con l'esterno. Nei sistemi non isolati, la grandezza decisiva non è più l'entropia ma la *produzione di entropia*, la variazione per unità di tempo dell'entropia legata ai processi *nel* sistema. Il secondo principio impone che la produzione di entropia sia positiva o nulla.
In un sistema non isolato, processi irreversibili possono svilupparsi in permanenza,

e la produzione di entropia rimanere diversa da zero, quando una interazione con l'ambiente ha per effetto di mantenere il sistema in uno stato diverso dallo stato di equilibrio. Secondo la forza di questa 'costrizione' dell'ambiente, si distingue il dominio vicino all'equilibrio, in cui è valido il teorema di minima produzione di entropia, e il dominio non lineare per il quale non è più possibile alcun teorema altrettanto generale.

In vicinanza dell'equilibrio, il secondo principio permette di prevedere che il sistema si avvia verso uno stato stazionario stabile, in cui rimane fintanto che si mantiene la sua interazione con l'ambiente. Contrariamente allo stato d'equilibrio, lo stato stazionario è dunque caratterizzato da una attività fisico-chimica produttrice di entropia. La stazionarietà significa che la produzione di entropia legata ai processi irreversibili nel sistema, così come l'insieme delle proprietà macroscopiche del sistema, restano costanti nel corso del tempo. Il teorema di produzione minima di entropia stabilisce che lo stato stazionario stabile verso cui evolve il sistema è quello per il quale i processi irreversibili producono *la quantità di entropia minima compatibile con l'interazione con l'ambiente* che lo costringe a perpetuarsi.

Le proprietà degli stati stazionari stabili[14] nel dominio di validità del teorema di produzione minima di entropia costituiscono propriamente un prolungamento delle proprietà di equilibrio: l'attività produttrice di entropia, anziché esser nulla, vi raggiunge un livello corrispondente al valore minimo di questa produzione; minimo che, come l'estremo delle funzioni suscettibili di caratterizzare l'equilibrio termodinamico, è deducibile dalla costituzione macroscopica del sistema e dalle condizioni al contorno. Lo stato stazionario è dunque qui determinato interamente dalle variabili che descrivono l'interazione con l'ambiente che lo definisce. L'ambiente controlla il sistema, che è dunque concepito come essenzialmente manipolabile. Anche nel caso in cui lo stato stazionario non sia omogeneo dal punto di vista spaziale, ove esistono le fasi, la situazione resta definita con riferimento allo stato d'equilibrio omogeneo: la differenziazione spaziale permette una attività produttrice di entropia *più bassa* di quella dello stato stazionario omogeneo corrispondente, e, in questo senso, lo stato omogeneo è *più vicino* all'equilibrio.

La produzione di entropia misura dunque la distanza rispetto all'equilibrio. Nel dominio lineare il sistema, impedito a raggiungere l'equilibrio, adotta il comportamento che a quello lo avvicina al massimo; il sistema possiede una 'inerzia' termodinamica che lo spinge verso stati intrinsecamente inerti e disorganizzati. Tale resta il significato del secondo principio.

Più lontano dall'equilibrio, al contrario, la situazione non è più altrettanto chiara[14,17]: il secondo principio continua a fornire un criterio di evoluzione globale del sistema verso uno stato stazionario le cui proprietà possono essere ottenute per estrapolazione a partire dallo stato di equilibrio; *ma non garantisce più la stabilità di questo stato stazionario in modo banale*. Questa stabilità deve essere studiata a livello di ogni fluttuazione suscettibile di perturbare lo stato stazionario. Il secondo principio permette di definire una grandezza che caratterizza il destino di una fluttuazione: la produzione di entropia in eccesso.

Lontano dall'equilibrio, il secondo principio dà dunque informazioni a due livelli: fornisce un criterio di evoluzione *globale* del sistema e ci dice che *se* la produzione di entropia in eccesso per tutte le *fluttuazioni locali* che perturbano lo stato che esso permette di prevedere è *positiva*, questo stato è stabile. Ma il secondo principio *non ci dice* che la produzione di entropia in eccesso è *necessariamente* positiva; esso non ci garantisce la stabilità dello stato stazionario. Permette al contrario di prevedere l'*instabilità* di questo stato in certe condizioni, cioè la possibilità per una fluttuazione di mantenersi per un tempo macroscopico, di svilupparsi, di amplificarsi fino a dimensioni macroscopiche.

L'esempio più semplice di un tale fenomeno è, nel dominio dell'idrodinamica, il caso dell'instabilità di Bénard.
Si riscalda uno strato liquido dal di sotto. A seguito dell'applicazione di questa costrizione, il sistema si allontana dallo stato di equilibrio corrispondente al mantenimento di una temperatura uniforme nello strato. Per piccoli gradienti di temperatura, il calore è trasportato per conduzione, ma a partire da un gradiente critico, si aggiunge un trasporto per convezione. Questo trasporto ha luogo grazie a cellule regolari di convezione, spesso di forma esagonale.
Abbiamo qui un fenomeno tipico di strutturazione corrispondente ad un livello elevato di cooperatività dal punto di vista molecolare. Prima dell'instabilità di Bénard, l'energia del sistema stava intieramente nella sua energia di agitazione termica. Al di là, una parte è trasferita nelle correnti macroscopiche ordinate comprendenti un numero elevatissimo di molecole. È notevole il fatto che strutture di questo tipo siano create e mantenute grazie agli scambi d'energia con il mondo esterno, in condizioni di non-equilibrio. È per questo motivo che le abbiamo chiamate strutture dissipative. Si potrebbe rappresentare la situazione fisica così: piccole correnti di convezione compaiono continuamente come fluttuazioni ma, al di sotto del valore critico del gradiente, queste fluttuazioni regrediscono. Al contrario, al di là di questo punto critico, certe fluttuazioni sono amplificate e danno origine ad una corrente macroscopica. Compare un nuovo ordine, corrispondente essenzialmente ad una fluttuazione gigante stabilizzata dagli scambi di energia con il mondo esterno.

Il risultato essenziale della 'termodinamica generalizzata' sviluppata nel corso di questi ultimi anni a Bruxelles può esser riassunto in una disuguaglianza che fornisce la condizione affinché *possano apparire* le instabilità, lontano dall'equilibrio termodinamico. Questa disuguaglianza si applica sia ai sistemi idrodinamici (come l'instabilità di Bénard), sia ai sistemi di reazioni chimiche. Essa mostra che, nel caso delle reazioni chimiche, devono esser soddisfatte condizioni molto particolari: occorre che alcune molecole partecipino a reazioni del tipo '*catalitico*'. Ciò significa che tali molecole sono necessarie per la loro stessa formazione (effetto 'autocatalitico') o per produrre successivamente altre molecole che le producono a loro volta (effetto 'catalitico incrociato'). Questo carattere catalitico[15,16] delle reazioni chimiche, necessario per condurre ad una instabilità, è particolarmente interessante quando si pensi alle principali reazioni biochimiche (quali il ciclo della glicolisi). Tutti questi cicli sono mantenuti grazie ad una rete di regolazione molto complessa: tutte le tappe decisive sono regolate mediante meccanismi di attivazione o di inibizione, o anche simultaneamente dei due tipi (la cibernetica microscopica, meravigliosamente descritta da Monod[7]).
I sistemi in cui si producono trasformazioni chimiche accoppiate costituiscono un campo di esplorazione molto fecondo e vario per lo studio delle strutture dissipative. La conclusione più generale che si può trarre da questi studi è che, mentre vicino all'equilibrio disorganizzazione ed inerzia sono la norma, al di là della soglia di instabilità, la norma è l'auto-organizzazione, l'apparizione spontanea di una attività differenziata nel tempo e nello spazio. Le forme di questa organizzazione dissipativa sono molto diverse. Certi sistemi acquisiscono spontaneamente una disomogeneità spaziale, altri adottano un ritmo temporale periodico, veri orologi chimici; altri ancora associano strutturazioni spaziali e temporali; certi sistemi infine acquistano delle vere frontiere naturali e dimensioni determinate dai parametri che caratterizzano l'attività del sistema.
È evidentemente attraente pensare che l'organizzazione biologica possa essere compresa nel quadro concettuale della termodinamica, lontano dall'equilibrio, e che l'organizzazione macroscopica dei viventi sia legata al fatto che i meccanismi chimici implicati permettano loro di funzionare *al di là della soglia di stabilità del ramo termo-*

dinamico. Non è possibile discutere qui questo argomento in modo più approfondito, ma sembra già fin d'ora stabilito che le strutture dissipative giocano un ruolo importante nell'ordine biologico[17].

La termodinamica allargata pone un problema del tutto nuovo, senza equivalente nella termodinamica di equilibrio, il problema della stabilità. Le leggi statisticamente deterministiche, che descrivono il sistema a partire dai vincoli che lo definiscono globalmente, permettono di prevedere lo stato stazionario verso cui evolverà il sistema; questi stessi concetti termodinamici permettono anche di definire la produzione di entropia in eccesso che caratterizza il destino delle fluttuazioni, la loro regressione o la loro amplificazione fino a dimensioni e durata macroscopiche; la descrizione termodinamica del sistema non può tuttavia garantire più la stabilità del sistema. Tale stabilità deve essere calcolata per ogni stato tenendo conto del dettaglio della cinetica chimica e della strutturazione eventuale già stabilita, cioè della *storia* del sistema. Il processo d'amplificazione della fluttuazione in quanto tale sfugge essenzialmente al formalismo termodinamico. Il nostro gruppo ha messo a punto descrizioni in termini di processi stocastici per comprendere la transizione di uno stato instabile verso un altro stato macroscopico; ha mostrato l'importanza del processo di *nucleazione*[17]: la stabilità di un sistema rispetto ad una fluttuazione è infatti determinata dalla *dimensione* della fluttuazione; solo le fluttuazioni che oltrepassano una dimensione critica possono evitare di essere ammortizzate a seguito dell'interazione con il resto del sistema, possono resistere al 'potere di integrazione' del sistema. Un sistema nel quale, per esempio, la diffusione è molto rapida reprimerà molto efficacemente ogni perturbazione locale, omogeneizzando il sistema prima che i meccanismi della cinetica chimica che amplificano la fluttuazione abbiano potuto rendere instabile il sistema. Questa teoria locale delle fluttuazioni traduce la situazione nuova lontano dall'equilibrio: la soglia di instabilità di un sistema segna il punto in cui il 'controllo' del sistema tramite l'intermediario delle condizioni al contorno, controllo solo parziale e indiretto già nel caso degli stati stabili lontani dall'equilibrio, è *radicalmente superato*. A questo punto, il processo irreversibile di cui non si parlava che dal punto di vista del controllo che si aveva su di lui, dal punto di vista dei vincoli macroscopici mantenenti il sistema lontano dall'equilibrio (teorema della minima produzione di entropia), raggiunge una intensità tale che i presupposti del modo di descrizione macroscopica divengono insostenibili: sembra che si possa dire che il sistema non è più controllato ma, al contrario, sfrutta i vincoli tramite i quali l'ambiente o la sperimentazione tentano di definirlo macroscopicamente come sistema termodinamico.

Il problema della stabilità, la possibilità che una fluttuazione possa non esser più votata ad esser insignificante dal punto di vista macroscopico, ma possa raggiungere dimensioni e tempo di vita macroscopici, impone la concezione di un nuovo tipo di oggetto, di una nuova oggettività che non sia quella della termodinamica, che identifica il conoscibile con il controllabile, poiché è quando il controllo è 'superato' che si pone il problema della stabilità. Il nuovo oggetto non deve però più esser quello della dinamica che risolve l'insieme dell'evoluzione d'un sistema a partire dalla sua descrizione di uno stato istantaneo. In quest'ultimo quadro, in effetti, la distinzione tra un sistema ed il suo ambiente, quella tra stato di equilibrio, in cui i processi non si manifestano più a livello macroscopico, e stato lontano dall'equilibrio, quella tra determinismo macroscopico e fluttuazioni locali, sarebbero eliminate come approssimazioni prive di significato dinamico. Con esse sarebbe ugualmente soppresso il punto di vista nuovo che la considerazione dei processi che dissipano energia imponeva in termodinamica, e dunque il problema della stabilità. La stabilità impone, *se questo concetto deve avere un senso*, che i vincoli che definiscono ma-

croscopicamente il sistema mediante la sua distanza dall'equilibrio *conservino un significato* poiché sono essi che pongono il problema della stabilità. Occorre che il modo di descrizione macroscopico *conservi un senso* perché la soglia a partire dalla quale questo modo di descrizione è superato, a partire dalla quale le fluttuazioni cessano di esser votate alla regressione a causa della necessità statistica, possa essere definita. Il problema della stabilità implica che il livello di descrizione macroscopico in cui questo problema può esser posto non sia definito come una semplice approssimazione in rapporto ad un livello più fondamentale e che esso non sia del tutto definito mediante il carattere dominabile, manipolabile, controllabile e prevedibile dei suoi oggetti.

Con le strutture dissipative, siamo dunque in presenza veramente di un nuovo stato della materia, di un nuovo tipo di ordine macroscopico legato ai processi irreversibili e che implica un comportamento organizzato e coerente dei costituenti del sistema. Mentre lo stato macroscopico stabile degli altri sistemi fisico-chimici può esser dedotto in modo statisticamente deterministico a partire dalla costituzione chimica e dall'interazione con l'ambiente, il modo di funzionamento della struttura dissipativa non può esser giustificato senza riferimento all'elemento imprevedibile della fluttuazione di cui essa costituisce l'amplificazione stabilizzata. La necessità statistica e il caso delle fluttuazioni sono indissociabilmente collegati in questa descrizione. L'elemento casuale non significa l'arbitrario, la libertà d'indifferenza per la struttura che si crea. La definizione macroscopica del sistema determina in effetti la soglia di instabilità a partire dalla quale una fluttuazione può essere amplificata e anche verso quali regimi stabili di funzionamento il sistema è suscettibile di evolvere. L'elemento fortuito è tuttavia irriducibile, imposto entro la stessa necessità della descrizione macroscopica: quando più stati dissipativi sono accessibili a partire da uno stato instabile, nessuna descrizione *macroscopica* permette di prevedere quale fluttuazione si produca, verso quale regime di funzionamento il sistema si evolva.

Notiamo che le stesse strutture dissipative possono essere instabili, sia a seguito di una nuova interazione con l'ambiente, sia in rapporto ad altri tipi di fluttuazioni. Una struttura prodotta da una *successione* di fluttuazioni amplificate non può dunque esser compresa che in riferimento al suo passato; nessuna descrizione del suo stato fisico-chimico in un dato istante può dare ragione del suo funzionamento; e questo passato, tessuto di eventi imprevedibili, deve esser considerato come unico e non riproducibile. A quale titolo diremmo allora che la struttura dissipativa non è il prodotto di una *storia* individuale? Lontano dall'equilibrio, la fisica vedrebbe dunque collegare a sé in maniera indissolubile le nozioni di struttura, di funzione e di storia, ciò che negava la fisica classica in nome della reversibilità del comportamento degli elementi fondamentali della realtà.

Sino ad ora, le fluttuazioni, di cui abbiamo esaminato la possibile amplificazione, riguardavano le concentrazioni delle unità attive, costitutive del sistema; la stabilità di un sistema tuttavia può essere messa in pericolo in un altro modo: delle 'mutazioni' possono modificare certe unità, o possono essere introdotti altri tipi di unità che stabiliscono e implicano un nuovo tipo di relazioni tra i costituenti del sistema. Si produce allora una vera competizione tra i diversi modi di funzionamento possibili del sistema; i mutanti o gli intrusi, inizialmente poco numerosi, verranno eliminati ed il funzionamento 'ortodosso' preservato, eccetto che se la loro presenza determina l'instabilità di questo funzionamento. In tal caso, lungi dall'esser distrutti, si moltiplicheranno ed il sistema, tutto intero, adotterà il nuovo modo di funzionamento, a prezzo della distruzione di quelli che non vi giocano più alcun ruolo. In tal caso è dunque la stabilità della struttura stessa del sistema, della 'sintassi' delle operazioni che vi si producono, che viene esplorata.

Prendiamo un esempio semplice, quello di una popolazione di macromolecole autoreplicative. In questo caso, analizzato da Eigen[13], la popolazione è dominata da quelle macromolecole che sono capaci di catalizzare con più efficacia e precisione la loro propria sintesi; a seguito di 'errori' di ricopiatura, macromolecole 'mutanti', di diversa sequenza, possono comparire con continuità. Questi errori sono tuttavia senza conseguenza e questi 'mostri' non si moltiplicano sin tanto che essi si riproducono meno rapidamente della molecola dominante 'normale'. Se però uno dei mostri si riproduce più rapidamente e meglio di quella, la eliminerà e diventerà a sua volta la norma. Lo studio della stabilità strutturale permette di porre alcuni problemi essenziali sui meccanismi di evoluzione e di differenziazione di un ecosistema o di una popolazione; quali innovatori perverranno a modificare il sistema in cui essi fanno intrusione, quali sistemi riusciranno a resistere e ad eliminare questi pericolosi creatori. Alcuni modelli cominciano ad esser studiati a proposito di situazioni le più diverse. Così, la suddivisione di una specie in caste: in quali condizioni di competizione tra popolazioni vi sarà vantaggio se una frazione di una popolazione si specializza in una attività bellicosa e non produttiva (i soldati presso gli insetti sociali); così, la specializzazione delle attività predatrici: in qual tipo di ambiente sarà vantaggioso per una specie restringere la gamma delle sue risorse alimentari, in quale altro sarà invece preferibile sfruttare il numero più grande possibile di risorse diverse; così, la dinamica dell'evoluzione di una popolazione di prede e predatori: l'apparizione di una preda più abile a scappare, di un predatore più efficace a catturare, costituiscono fattori di instabilità strutturale; l'esigenza di stabilità dell'ecosistema permette la previsione di tendenze evolutive a lungo termine che certi dati empirici sembrano già fin d'ora confermare[10].

È possibile che l''ordine da fluttuazione' porti così a porre nuove domande, a porre come un *problema* i rapporti tra individuo e struttura, invece di opporli astrattamente o di negare la loro opposizione altrettanto astrattamente. Noi pensiamo qui più specialmente a discussioni come quelle che mettono in dubbio l'importanza rispettiva delle strutture socio-economiche e del ruolo rivoluzionario dei 'grandi uomini' nei capovolgimenti della storia. Le proprietà di stabilità che noi descriviamo, nella misura in cui esse associano ad una attività elementare disordinata una organizzazione globale che questa attività può generare ed anche, eventualmente, distruggere, ci sembrano ritrovare nozioni che, in altre discipline, vengono considerate come fondamentali. Termini come funzione, disfunzione, crisi potrebbero ormai assumere un senso in fisica. Questa si apre dunque alle lezioni ed ai concetti che vengono da orizzonti che fino ad ora dovevano restarle estranei, poiché essa ne negava teoricamente perfino la possibilità.

I. P. e I. S.

Traduzione: R. Morchio - Genova

RINGRAZIAMENTI

Ringraziamo vivamente il Prof. Glansdorff per i validi suggerimenti che ci ha dato. Il Ministero dell'Educazione Nazionale e della Cultura francese e il Ministero dell'Educazione Nazionale e della Cultura olandese hanno dato il loro contributo per la realizzazione di questo lavoro.

BIBLIOGRAFIA E NOTE

Riferimenti generali

1 Deleuze, G., *Différence et répétition*, Paris, PUF, 1972. *Proust et les signes*, edizione ampliata, Paris, PUF, 1972.

2 Diderot, D., *Oeuvres*, Paris, Pléiade, 1935, p. 670-1.

3 Foucault, M., *Les mots et les choses, une archéologie des sciences humaines*, Paris, Gallimard, 1966.

4 Gusdorf, G., *La révolution galiléenne*, Paris, Payot, 1969. *Dieu, la Nature, l'Homme au siècle des Lumières*, Paris, Payot, 1972.

5 Noi non possiamo accettare l'irrazionalismo che, a nostro avviso, fonda questa tesi del legame essenziale, sostenuto, ad esempio, da Heidegger, M., *Qu'est-ce qu'une chose*?, Paris, Gallimard.

6 Koyré, A., *Etudes galiléennes*, Paris, Hermann, 1939. *Etudes Newtoniennes*, Paris, Gallimard, 1968.

7 MONOD, J., *Le hasard et la nécessité*, Paris, Seuil, 1970. (Trad. it. *Il caso e la necessità*, Edizioni Scientifiche e Tecniche Mondadori, Milano, 1970).

8 NEEDHAM, J., *La science chinoise et l'Occident; le grand titrage*, traduzione di E. Jacob, Paris, Seuil, 1973.

9 WHITEHEAD, A. N., *Science and the Modern World*, Cambridge, Cambridge University Press, 1927.

Termodinamica

10 ALLEN, P., *Darwinian Evolution and a Predator-Prey Ecology*, in *Bulletin of Mathematical Biology*, 37, 1975.

11 BRUSH, S., *Thermodynamics and History*, in *The Graduate Journal*, vol. VII, n. 2, pp. 477-565, Austin, 1967. *Kinetic Theory*, vol. 1, *The Nature of Gases and Heat*, Oxford, Pergamon Press, 1965; vol. 2, *Irreversible Process*, Oxford, Pergamon Press, 1966.

12 CARDWELL, D., *From Watt to Clausius*, London, Heinemann, 1971.

13 EIGEN, M., *Selforganization of Matter and the Evolution of Biological Macromolecules*, in *Naturwissenschaften*, vol. 58, p. 465-523, 1971.

14 GLANSDORFF, P. e PRIGOGINE, I., *Structure, stabilité et fluctuation*, Paris, Masson, 1971.

15 PRIGOGINE, I., *La thermodynamique de la vie*, in *La Recherche*, Vol. 3, n. 24, pp. 547-562, 1971.

16 PRIGOGINE, I., NICOLIS, G., BABLOYANTZ, A., *Thermodynamics of Evolution* in *Physics Today*, I, vol. 25, n. 11, pp. 23-28; II, vol. 25, n. 12, pp. 38-44, 1972.

17 PRIGOGINE, I. e NICOLIS, G., *Self Organization in Non Equilibrium Systems*, New York, Wiley, 1977.

Epistemologia della meccanica quantistica

18 BOHR, N., *Physique atomique et connaissance humaine*, Paris, Gauthier-Villard, 1972.

19 D'ESPAGNAT, B., *Conceptions de la physique contemporaine*, Paris, Hermann, 1965. *Logique quantique et non séparabilité*, in *The Physicist's Conception of Nature*, ed. J. MEHRA, Dordrecht-Holland, D. Reidel Pub. Comp., 1973.

20 HEISENBERG, W., *Physics and Philosophy*, 3a ed., London, Allen and Unwin, 1971.

21 JAMMER, M., *The Conceptual Development of Quantum Mechanics*, New York, Mac Graw Hill.

22 KÖRNER, S. (ed.), *Observation and Interpretation*, Butterworth's Scientific Publications, London, 1957.

23 PETERSEN, A., *Quantum Mechanics and the Philosophical Tradition*, MIT Press, 1968.

24 ROSENFELD, L., *L'évidence de la complémentarité*, in *Louis de Broglie, Physicien et Penseur*, Paris, Albin Michel, 1953; in *Nature*, 190, 384, 1961. *The Measuring Process in Quantum Mechanics*, in *Supp. of the Progress of Theoretical Physics*, 222, 1965.

25 TOULMIN, S. (ed.), *Physical Reality, Philosophical Essays on Twentieth Century Physics*, Harper Torchbooks, New York, Harper and Row, 1970.

Irreversibilità e rottura della simmetria

26 GEORGE, C., PRIGOGINE, I. e ROSENFELD, L., *The Macroscopic Level of Quantum Mechanics*, in *Det Kong. Danske Vidensk. Selsk. Math. Phys. Medd.*, 38, 12, 1972.

27 PRIGOGINE, I., *The Statistical Interpretation of Non-Equilibrium Entropy*, *Acta Physica Austriaca*, Supp. X, 401-450, 1973. *Time, Irreversibility and Structure*, in *The Physicist's Conception of Nature*, J. MEHRA ed., Dordrecht-Holland, D. Reidel Publ. Comp., 1973. *Measurement Process and the Macroscopic Level of Quantum Mechanics*, ibid. *La naissance du temps, Acad. Roy. Belg., Bull. Cl. Sci.*, 1973. *Irreversibility as a Symmetry-breaking Process*, in *Nature*, 248, 67-71, 1973. *Physique et Métaphysique, Acad. Roy. Belg. Bulletin spécial du Bicentenaire*, 1974.

28 PRIGOGINE, I., GEORGE, C., HENIN, F. and ROSENFELD, L., *A Unified Formulation of Dynamics and Thermodynamics*, in *Chemica Scripta*, vol. 4, p. 5-32, 1973.

The New Alliance

Part One - From Dynamics to Thermodynamics: Physics, the Gradual Opening towards the World of Natural Processes

ILYA PRIGOGINE
Université Libre de Bruxelles
University of Texas, Austin

ISABELLE STENGERS
Université Libre de Bruxelles

« The ancient alliance has been broken; man finally knows that he is alone in the indifferent vastness of the Universe whence he chanced to emerge ».

J. Monod

THE ANCIENT ALLIANCE - I

« Do you see this egg? It is with this that all the schools of theology and all the temples of the earth are overthrown. What does this egg consist of? An insensitive mass before the germ has been introduced... How will this mass be led to another organisation, to feeling, to life? By means of heat. And what will produce the heat? Movement? What will the subsequent effects of this movement be? Instead of replying, sit down, and let us follow them with our eyes from moment to moment. First, there is an oscillating point, a filament which grows and becomes coloured; flesh in formation, a beak, wingtips, eyes, claws appearing; a yellowish matter that unrolls and produces the intestines; it is an animal... it walks, flies, gets annoyed, runs away, comes near, complains, suffers, loves, desires, takes pleasure; it has all your feelings; it carries out all your actions. Do you claim, with Descartes, that it is purely an imitating machine? But young children will mock you, and philosophers will answer yout that if this is a machine, so are you. If you admit that the only difference between you and the animal is in the organisation, you are showing common sense and rationality, you are in good faith; nevertheless, it will be concluded against you that from inert matter arranged in a certain way, impregnated with more inert matter, heat and movement you get feelings, life, memory, consciousness, passions, and thought... Listen, and you will take pity on yourselves; you will feel that, in order not to admit a simple supposition that would explain everything, i.e. sensibility, a general property of matter, or product of organisation, you forsake common sense and plunge into a chasm of mystery, contradiction and absurdity ».

What is the temple that Diderot's[2] egg is about to overthrow? Who is the adversary that Diderot is trying to convince? Against which belief, which dead and introverse conviction does he make an appeal to the creative and inventive power of life, to sensibility, to matter's capacity for independent organisation? Diderot is not addressing those who, in the name of an obscurantist spiritualism, were struggling against the forces of reason, progress and freedom in the age of Enlightenment; Diderot was addressing d'Alembert, the mathematician, physicist, rationalist philosopher, and author of *Discours préliminaire*

de l'Encyclopédie; and the temple that is to be overthrown is that in which the new idol of Newtonian truth is worshipped.
Let there be no mistake; the Newtonian truth is the one our science has inherited, and of which it is still the depository, which it continues to proclaim but which little children continue to mock and to which the philosophers never stop retorting: what kind of truth makes the possibility of its own occurrence unintelligible?
It is no coincidence that, at the end of the 18th century, atheist materialism should, through the pen of Diderot, come out and denounce the objective complicity between the religion of abstract spiritualism and the conception of nature on which the science founded during the 17th century was based.

Let us take those like Whitehead[5], Hoyré[6] and Needham[8], whose works are aimed at demolishing the enduring illusion that the growth of 17th century science is explained in terms of the triumph of the experimenter, supposedly bound by the verdict of facts and ready to accept experimental verification, over the arrogance of the dogmatic metaphysician. They have shown that the fruitful alliance between theory and technique characteristic of the endeavour of systematic experimentation constituting modern science, is not the 'natural' conclusion of human destiny, the fulfilment of a universally legitimate rationality, about which all that would have to be explained would be that it is a self-revelation that concerns Europe and Europe alone. What their work brings to our mind is the highly paradoxical nature of the notion of 'scientific law', the specific nature of the ambition of the fathers of modern science which was unknown in other civilisations and other times, i.e. to discover through the strictly finite means of mathematical demonstration, empirical observation and quantitative measurement the truth of nature and the principles governing it. The fact is that the attempt to find laws in nature implies the conviction that nature *obeys* a certain number of intelligible principles, and that these principles are not only legible to human reason but must be discovered already incorporated *in* nature. The enormity of this claim is that man listening to nature does not have to represent himself as the voice of an intelligibility that nature supposedly engenders as it develops. If Galileo listened to nature, he did so not as a pupil listening to his master, he listened as judge and executionar. As Kant said, Galileo questioned nature. He idealized it, that is, he mutilated it until it agreed to speak the language he wished to hear, a mathematical language, until it admitted to always having 'obeyed' simple principles; the simplicity of these principles, we must now point out, far from implying a fundamental law, the search for which supposedly forming the sole objective of science, was the effect of the isolation caused and desired by experimentation.
About the conviction that nature, despite the blinding multiplicity of its forms, is governed by simple laws, Whitehead, like Needham, insisted on the essential rôle of the religious factor in the beginning of modern science. Only this strange product of mediaeval thought, a rational and immutable God, creating and providential, could create and organise a world based on rational principles constituting the intelligible and permanent foundations, justifying and explaining in all their smallest details each particular and event and the future development of each individual entity. This conviction 'justified' at the same time the torturing of each particular event by the scientist, in an attempt to wrest from it a confession of the rational principle governing it despite the apparent arbitrariness of its occurrence. What would indeed be the meaning of measuring the intrinsically imprecise? Who could be attempting to find a predictable truth in what is contingent by its very nature? Which regulations would be valid for the sublunar world?
But such a Christian God does not found the intelligibility of the world so innocently: the idealisation Galileo forces upon nature

in order to describe it by means of mathematical laws is not without significance. As it is understood by 17th century man, nature is governed by a God that is external to it: blind nature, having neither intention nor purpose, intrinsically inert and governed by a rationality that is foreign to it; a nature lacking everything that had allowed man to identify with it through his essential belonging to the ancient harmony of natural events.

Seventeenth century man is on the outer edge of the world, a material body, a Cartesian automaton, a soul created in God's image: by eluding the natural order, he occupies an intermediate position from which he can question nature, reduce it to a blind interplay of forces and to an indifferent movement of atoms without throwing doubt on his human specificity[4].

In the 18th century, this is no longer true for those atheist philosophers who, like Diderot, question Newtonian science. They want and consider themselves to belong to nature; it is thus necessary for nature to be able to produce them, and to organise itself spontaneously into increasingly complex forms, until the level of the thinking animal is reached.

This is a point that must be stressed once again; the vitalist protestation originates from the most radical materialism. Diderot is not appealing to any vague spirituality when he demands that matter be defined as capable of consistent intrinsic activity and that it is dubious whether mathematical physics, which developed from Galileo and Newton, can be applied to the problem of life. Quite the contrary, he sets out to give some credibility to the following revolutionary statement: man is part of nature, thought is produced by sensible, organised matter.

This is an odd reversal of the situation for those, like us, who have been taught to see, in the proclaimed victory of contemporary biology over vitalism, in the statement that, through an extremely unlikely evolution, from statistical miracle to statistical miracle, the human cybernetic automaton was able to appear without contradicting the laws of physics, the triumph of scientific rationality over spiritualist obscurantism. There is also a strange contrast between Diderot's optimism and Monod's tragic mood, significantly so close to Pascal's tragic Christian mood «... man needs must finally awaken from his age-old dream and discover at last his total solitude, his radical strangeness. He now knows that, like a Gypsy, he is on the outer edge of the world in which he must live, a world that is deaf to his music, indifferent to his hopes, as well as to his suffering or his crimes »[7]. Whether the clapper striking it is atheist or Christian, the bell cast by Galileo and Newton always gives out the same sound, the same glorious humility, the same proudly assumed marginality.

However, according to the available evidence, the history (of science) has disproved the rationalist optimism of the 18th century. Some[5] have concluded from this that between the scientific method supported by theory and experiment, and the likening of nature to a blind world of atoms and measurable forces, there is not merely a historical association but actually an essential link. Each step forward in the natural sciences has deprived us of yet more of what is most familiar to us, of what weaves the relationship between man and the world. The acknowledgment of the physical, that is to say — scientific, status of life coincides with an enumeration of all the peculiar characteristics of the living — spontaneous activity, autonomous organisation, coherent behaviour — as *effects* produced by certain improbable states of inert matter described by mathematical physics.

The history of science shows, in any case, that scientific methodology is not defined merely by its high degree of rationality but above all by its *capacity* to extend to increasingly complex fields the type of idealisation that makes this methodology possible, *now quite independently of any explicit metaphysical*

conviction. For scientific idealisation is *successful*; this is a problem on which no philosopher ought to refuse to meditate. Science actually does discover the laws governing nature. Science succeeds and the scientist, while proclaiming his own limits, goes on extending and making more effective descriptions that are only possible from a divine point of view; the world known by the scientist is a world from which he is excluded, a world where there is no room for him who describes it. As science gradually triumphs, the mystery of its possibility thickens; the scientist discovers that he is capable of seeing and understanding many things but not the basically natural existence of living and speaking beings.

Kant described the epistemological situation of modern science, as it has been outlined above, in all its radical strangeness. In doing so he announced the total impossibility of any attempt to unify human experience, the irremediable splitting of human knowledge into what is rational, communicable and empirically verifiable, and moral, religious and aesthetic experience. Kant gives our remark all its meaning: scientific description is, intrinsically, description from a viewpoint that is inaccessible to man, divine. Again, the knowable world that the 17th century God had created by following a few rational principles is, in the *Critique of Pure Reason*, created in accordance with the same principles by the *knowing subject*. The world studied by the scientist, by the very fact that it is taken as an object of knowledge, is governed, constituted as it is in its objectivity, by the very same principles that are discovered correlatively as 'natural' regularities (principle of sufficient reason, linear causality, etc....). Kant thus gives the intelligibility of the paradoxical epistemological situation of modern science; human knowledge, which is finite, builds up the illusion of its own infinity, of the totalising nature of the truth it produces. Wherever it goes, it takes with it the conditions of its own possibility; what it endeavours to understand, imagine, describe, is by this very fact subject to the conditions setting it up as an object of knowledge to be understood; as far as man can see he is already preceded by himself and meets only one 'nature' that obeys the necessary laws discovered by mathematical physics.

The price to be paid for the intelligibility proposed by Kant is very high. Kant himself proclaimed that knowledge ought to be restricted in favour of faith: human knowledge can gain access only to the uninteresting and meaningless world of phenomena. It is an ironical justice that Kant renders to modern science when he establishes its legitimate field as the world where problems are futile and easy and excludes it categorically from all questions concerning the sense of life and man's destiny.

Emerging from the heart of Kant's work is also the dual conception of time which always rends contemporary knowledge and sets scientific description at complete loggerheads with the most fundamental human experience: original time, an essential structure of subjectivity, within the scope of which the sensible is taken as an object of knowledge, and linear time, a series of nows which presupposes all causal laws.

The renunciation demanded of science by transcendental philosophy is a difficult one, but the role transcendental philosophy has set for itself is also difficult; it is torn between the distinction between transcendental and empirical that it has been forced to set up to explain the success of science despite the epistemological contradiction contained in its project. The transcendental subject has no other mirror in which to know itself than empirical experience and yet it has to think of itself as being beyond all particular empirical experience, constituting transcendentally the reflection it is contemplating; how is it possible to avoid the risk of making the transcendental basis an imitation of the empirical that is to be founded? How is it possible to avoid the risk of reducing philosophy to a clandestinely empirical anthropology[3]?

These difficulties are increased by the development of the human sciences which make man the 'object' of empirical research and attempt to explain him as the product of biological evolution, adaptive development, history or society. Twentieth century man is torn between the natural sciences, which claim to be the only ones to give a rigorous description of the world and which, although acknowledging that man is still too complex a subject for them, nevertheless hotly deny the reality of what frames of man's existence, the human sciences, which are in permanent conflict over their methodologies but agree that the truth of the natural sciences can be reduced to mere pragmatism, and a philosophic thought which is contemptuous of the sciences, lays claim to a more basic truth and yet is ever on the defensive. 20th century man possesses a mass of knowledge that no one before him has ever possessed but he knows less than any other who he is and what he knows. It is partly the success of the Galilean idealisation, the clarity of the descriptions produced contrasting with the dreariness of the work to produce them which contributes to the isolation of the scientist, to making science a foreign object, the object of anger, derision or admiration. The scandal of modern science is that, ever since the breaking of the ancient alliance which guaranteed the intelligibility between God and man it lives with an effectiveness that it cannot explain but whose effectiveness it feels only too keenly, which it feels too keenly as the production of new and rigorous truths, to be able to accept the nihilist interpretations of those who judge its practice without knowing it, that is to say, without taking part in it.

Modern science, our science... is it still really our science, this science that we have just described, this science which functions by virtue of the illusion that the epistemological difficulties it gives rise to remain outside it and do not effect the transparence of its results? For ever since the end of the 19th century serious crises have shaken the foundations of physics which is now troubled from within by the question of its own possibility; the problem of the status of the truths produced by it becomes, for it, a truly scientific problem that obliges it to open itself up to epistemological inquiry. This development of science forms the subject of the present study. It is also the greatest hope that can be conceived by those who do not accept the present rupture, the present opaqueness, the present silence.

STRUCTURE AND DISSIPATION - II

What we wish to explain in this chapter is how theoretical physics, in the course of its development, has reached the stage of doubting and then discarding the idealisation on which it is based and in this way opens up a path leading out of the dead-end into which its triumph had brought Western thought. Classical physics is divided into areas of light and shade; it is from the shadows created by the intelligible Galilean light that certain concepts have come which must be recognised as a having a physical status and whose presence in its midst has undermined classical physics from within.

First let us take irreversibility and then measurement. In both cases, we have problems on the border of the classical separation between nature and man. Is irreversibility a property of nature or of the observer? And what is the place of measurement? Is it a technical necessity or an essential dimension of our description of the world? As we shall see, the characteristic feature of measurement is precisely irreversibility. At the heart of our discussion, it is the question of time in physics which is thus raised in each case.

We spoke of areas of light and shadow. The brightest area of light is perhaps the one corresponding to the formulation of the laws of movement, particularly the Hamiltonian formulation of these laws. The coordinates q and the quantities of motion p allow a function, the Hamiltonian $H(p, q)$,

to be constructed with these variables, the knowledge of which gives us the laws of motion directly. The concept of Hamiltonian is of enormous importance in theoretical physics. It is astonishing that it has survived the two greatest scientific revolutions of this century: relativity and quantum mechanics.

The Hamiltonian formulation of dynamics can be achieved with the aid of different types of coordinates and quantities of motion. It is a generalisation of the notion of change in coordinates which implies the supplanting of the naive realism of the original formulation of Newtonian physics. The possibility of changing coordinates, of relating a phenomenon to Cartesian or polar coordinates is already an implication that we must distinguish between the physical phenomenon and the language introduced by the choice of coordinates; the Hamiltonian formulation allows us to use one system of canonical variables (coordinates *and* moments) or another, as we please. Let us take a crystal. Its dynamic evolution can be described in terms of the coordinates of the particles of which it is composed. We could also consider the waves, the coherent movement of the particles, of which it may be the site. These 'two descriptions' are 'equivalent' in the sense that, by means of a 'canonical transformation', one can go from one description to the other. These notions of equivalence and transformation are very important as they are what defines the limits within which the physicist is free to choose his language in defining one and the same physical phenomenon.

Is there after all a language, a peculiar system of variables, which enjoys a special status? Yes, if there exists a system which brings into the Hamiltonian important physical properties of the particles making up the system. For instance, in the case of the crystal we could go on to variables such that the frequencies of the wave phenomena that may be occurring in the crystal appear in the Hamiltonian. The situation is similar in quantum mechanics. Here too a canonical transformation (called unitary in the quantum case) is used to attain a representation that diagonalizes the Hamiltonian, i.e. which enables the energy levels that the system may occupy to be made explicit. But whatever the representation chosen, the main thing here is to stress that all the processes described by Hamiltonian physics are *symmetrical in relation to the time parameter*; in all cases the reverse is equally well and indifferently admitted by physics in different physical conditions. This means that classical physics admits also and indifferently that a heterogeneous mixture can become homogenized or that a homogeneous mixture can dissociate, that a temperature distribution can be flattened out or a separation occur spontaneously between a cold region and a warm region.

Now this is what is excluded by the second law of thermodynamics as it was defined by engineers and physical chemists during the 19th century and presented to the attention of the physicists[12].

The second law defines the properties of a function describing the systems within which physico-chemical transformations take place, i.e. entropy. It states that no process taking place *inside* the system can reduce the quantity of entropy of the system. In the course of the system's evolution, the quantity of entropy linked to these *internal* processes (and not to those of exchange between the environment and the system) can only increase or remain constant. In isolated systems, where there is no exchange with the environment, each system can be characterized by a state corresponding to maximum entropy: state of equilibrium, state in which no further entropy producing process is possible.

The second law thus enables two types of transformation to be recognised: the transformations *conserving* entropy are compatible with the equilibrium state and can be defined as reversible as the inverse transformation is also allowed by the second law; the transformations *producing* entropy disappear at equilibrium and are irreversible

as the second law excludes the possibility of inverse transformations. The behaviour of a system at equilibrium is thus the only one admitted by thermodynamics as symmetrical in relation to time.

The 19th century rang with the echos of the debate between energetists and mechanists[11]. The former used the second law to demonstrate the basic inadequacy of classical physics. The latter set about 'recycling' the second law, endeavouring to show that an *irreversible* behaviour of the macroscopic systems studied by thermodynamics was compatible with the *reversible* laws governing the microscopic behaviour of the components of the system.

The work done by Boltzmann and Maxwell showed that this recycling required a new element that could reconcile these two obviously contradictory descriptions. This element was going to be provided by the stochastic nature conferred on physical laws. The probabilistic interpretation of the second law made irreversible evolution a behaviour *compatible* only with dynamics and characterized as being statistically the most probable.

It is common knowledge that, as a result of the work by Boltzmann, Maxwell, Gibbs and Ehrenfest, the probabilistic interpretation of entropy became very widely accepted, although with the 'coarse graining' problem and the suggested equating of entropy with information the old positivist challenging of physics again raised its head in the 20th century in the very midst of statistical mechanics[19]. With arguments like Wigner's concerning the need to add to quantum formalism terms representing the observer's 'state of mind', and those of Jaynes, who reduces the whole of dynamics to theorems on the possibility of predicting and manipulating effectively, it ultimately seems to be dynamics itself that is jeopardized by the recycling it has carried out.

The statistical interpretation of the second principle must be recognised as being a master-stroke for classical physics. Two types of phenomena were unintelligible for it — the macroscopic activity of a system implying a spontaneous and coherent organisation of its components, and the irreversibility of certain physical transformations. The probabilistic interpretation allows a physical status to be given to the two types of phenomena, but it sets one off against the other. Physics now admits that, as a result of a very peculiar distribution of its components — an improbable distribution with respect to the fundamental level governed by Hamiltonian physics and therefore unpredictable for physics although compatible with it — a system can have a macroscopic activity. There exists *only one* type of macroscopic activity that physics claims to be able to predict and admits as reproducible; this sole legitimate object of its investigation is precisely the process of *disappearance of all macroscopic activity*, the irreversible evolution of the system towards the state of equilibrium defined as the most probable state given the conditions imposed on the system by the environment.

The probabilistic interpretation thus identifies the irreversible macroscopic processes, whose existence the second principle forces physics to admit, as the process of re-establishing « physical normality » whenever a particular interaction, which does not have to be explained by physics, has placed the system on the very confines of the law, placing it in a situation where « something could happen » despite the unseemliness of this from the Galileo-Hamiltonian point of view. This is a master-stroke as the only legitimately recognised evolution is that in which the law of large numbers requires the disappearance of all improbable states as the only state predictable by physics is the equilibrium state where no further macroscopic activity is possible.

This master-stroke is taken over by contemporary biology which bases the explanation of the way the living being works on the impressive series of *improbable* events 'which physics thus does not have to explain' that go to make up the genetic code and the favourable mutations, as well as on the

predictable evolution towards death and macroscopic inactivity to which the second principle vows the life of all living beings ever since the extremely improbable event of its birth. Like all macroscopically organised activities, life is thus on the border of a universe governed by laws which do not know it and inside which it has arisen by pure chance.

It is quite certain that as a result of the work by Boltzmann and his successors, the probabilistic recovery of the second principle by classical physics has opened up new and fruitful approaches. It must also be admitted, however, that it has led to very serious confusion, particularly as regards states lying far from thermodynamic equilibrium. What does the word 'probability' actually mean in a physical context? At thermodynamic equilibrium, all the microscopic states have the same statistical weight. We could thus speak of probability in the classical sense. This is no longer true when the interaction with the external environment keeps a system out of equilibrium. How can probabilistic terminology be justified in this case? How can one justify, in the case of the macroscopic processes taking place permanently, the use of concepts that only describe the processes from the point of view of their disappearance at equilibrium?

This again reveals the basic peculiarity of thermodynamic in comparison with classical dynamics. Thermodynamics is the science of processes. Created by engineers and physical chemists, it gives a phenomenological description of coupled effects, chemical processes, absorption and emission phenomena. It thus basically calls for a positive treatment of these phenomena, a treatment that does not take as reference the equilibrium state where they disappear by definition.

The use of probabilistic concepts based on the assumption of the reality of a reversible level where the processes have no direction was possible for equilibrium thermodynamics in the cases where the only predictable behaviour is evolution towards equilibrium. But the element, whose statute is already suspect, that had to be added to the laws of dynamics, i.e. the stochastic character that had to be given to the laws of evolution, becomes quite paradoxical in the case of permanently occurring irreversible processes. It is the extrapolation of probabilistic concepts to the field treated by the thermodynamics of non-equilibrium that has produced this peculiar likening of life to an epiphenomenon whose existence can only be justified by appealing to miraculous chance, beyond physical laws.

We shall see later that in the context of a generalised dynamics where the notion of process has a physical meaning, the relationship between probability and dynamics is inverted. The second principle takes the status of a dynamics theorem, without making any specific use of probability calculus. On the contrary, it is dynamics which determines for which systems a description in terms of probability can be carried out. Far from being tacked onto a dynamic description that is foreign to it, the probabilistic description, as far as its possibility is concerned, is thus here based on dynamics.

Before coming back to this point a description must be given of recent progress in non-equilibrium phenomenological thermodynamics. This is progress which more clearly reveals the need for an interpretation of the processes that do not use the equilibrium state, where the irreversible processes disappear, as reference.

Non-equilibrium thermodynamics deals with systems where exchanges with the environment exist, i.e. non isolated systems. In these systems variation in entropy is not only linked to processes within the system, as in the isolated systems, but also to the energy and matter flow between the system and the environment. There mere consideration of entropy is thus no longer sufficient to determine the system's behaviour, as the second principle sets no conditions on entropy variation linked to the exchanges

with the environment. In the non-isolated systems, the decisive magnitude is no longer entropy but *entropy production*, i.e. the variation in unit time of the entropy linked to the processes *inside* the system. The second principle requires the production of entropy to be either positive or zero.
In a non-isolated system, irreversible processes can be taking place permanently, and entropy production be different to zero, while an interaction with the environment has the effect of maintaining the system in state different to that of equilibrium. Depending on the strenght of this 'constraint' of the environment, one speaks of the domain in the vicinity of equilibrium, where the theorem of minimum entropy production holds, and the non-linear domain for which such a general theorem is no longer possible.
In the neighbourhood of equilibrium, the second principle makes it possible to predict that the system is moving towards a stationary stable state where it remains so long as its interaction with the environment continues to take place. Unlike the equilibrium state, the stationary state is thus characterized by an entropy-producing, physico-chemical activity. Stationariness means that the entropy production linked to irreversible processes in the system, as well as every macroscopic property of the system, remain constant in time. The theorem of minimum entropy production establishes that the stable stationary state towards which the system tends is the one for which the irreversible processes produce *the minimum quantity of entropy compatible with the interaction with the environment* constraining them to go on taking place.

The properties of the stable stationary states[14] in the range of validity of the theorem of minimum entropy production is, strictly speaking, an extension of the properties of equilibrium: here, instead of being zero, the entropy producing activity reaches a level corresponding to the minimum value of this production. This minimum, like the extremum of the functions capable of characterizing thermodynamic equilibrium, can be deduced from the macroscopic composition of the system and the limiting conditions. In this case, the stationary state is thus wholly determined by the variables describing the interaction with the environment which define it. The environment controls the system, which is thus conceived of as essentially manipulable. Even in the case in which the stationary state is not spatially homogeneous, where phases exist, the situation is still defined by reference to the homogeneous equilibrium state: spatial differentiation allows a *lower* entropy-producing activity than that of the corresponding homogeneous stationary state and, in this sense, the unhomogeneous state is *closer* to equilibrium.
Entropy production thus measures the distance away from equilibrium. In the linear domain the system, prevented from reaching equilibrium, takes on the behaviour allowing it to approach the most closely: it possesses a thermodynamic 'inertia' that pushes it towards intrinsically inert and disorganised states. This is still the meaning of the second principle.

Further away from equilibrium, on the other hand, the situation is not so clear[14,17]; the second principle continues to provide a global evaluation criterion for a system tending towards a stationary state whose properties can be obtained by extrapolation from the equilibrium state; *however, it no longer trivially ensures the stability of this stationary state*. This stability must be studied at the level of each fluctuation likely to upset the stationary state. The second principle allows a function to be defined which characterizes this destiny of the fluctuation: the excess entropy production. Far from equilibrium the second principle thus provides information at two levels: it provides a *global* evaluation criterion for the system and tells us that *if* the excess entropy production for all the *local fluctuations* perturbing the stationary state characterized by the global criterion is *positive*, this state is stable; but the second principle

does not tell us that excess entropy production is *necessarily* positive; it does not guarantee the stability of the stationary state; on the contrary, it enables the *instability* of this state to be predicted in certain circumstances, i.e. the possibility that a fluctuation will continue for a macroscopic time to develop and be amplified to macroscopic dimensions.

The simplest example of such a phenomenon, in the field of hydrodynamics, is that of Bénard's instability.

A liquid layer is heated from below. The application of this constraint forces the system away from the equilibrium state corresponding to the maintenance of a uniform temperature in the layer. For small temperature gradients, the heat is conveyed by conduction, but from a critical gradient onwards, it is conveyed by convection. This transport takes place by means of regular convection cells, often having a hexagonal shape.

This is a typical structuration phenomenon corresponding to a high degree of cooperativity from the molecular point of view. Before Bénard's instability, the energy of the system lay wholly in its thermal agitation energy. Beyond this point, a part of it is transferred into ordered macroscopic currents comprising a very large number of molecules. The curious thing is that structures of this type are created and maintained by means of exchanges with the external world in conditions of non-equilibrium. This is why we have called them dissipative structures.

The physical situation could be represented as follows: small convection currents continually appear as fluctuations but, below the critical gradient value, these fluctuations regress. Above this critical value, certain fluctuations are amplified and give rise to a macroscopic current. A new order appears, corresponding basically to a giant fluctuation stabilised by energy exchanges with the external world.

The essential result of the 'generalised thermodynamics' developed over the past few years in Brussels can be summed up in an inequality setting up the condition by virtue of which instabilities *can appear* far from thermodynamic equilibrium. This inequality can be applied to both hydrodynamic systems (such as Bénard's instability) and to systems of chemical reactions. It shows that, in the case of chemical reactions, very special conditions must be satisfied: certain molecules must take part in '*catalytic*' type reactions. This means that these molecules are needed for their own formation ('self-catalytic' effect) or to produce other molecules first which then produce them ('cross-catalytic' effect).

This catalytic nature[15,16] of chemical reactions, which is needed to attain instability, is particularly interesting when the main biochemical reactions are considered (e.g. the glycolysis cycle) . All biochemical cycles are kept up by means of a very complex regulation network; all the determining steps are controlled by activation or inhibition mechanisms, or even both acting simultaneously (the microscopic cybernetics so wonderfully described by Monod[7]).

The systems in which coupled chemical transformations are produced form a very fertile and varied field of exploration for the study of dissipative structures. The most general conclusion that can be drawn from these studies is that, while disorganisation and inertia are the rule near equilibrium, once the threshold of instability is crossed the rule becomes self-organisation, the spontaneous appearance of an activity differentiated in time and space. The forms of this dissipative organisation vary widely. Some systems spontaneously acquire spatial inhomogeneity, others take on a periodic temporal rhythm, behaving like virtual chemical clocks; others again combine spatial and temporal structurations, while yet others actually acquire natural boundaries and dimensions determined by the parameters characterizing the system's activity.

It is obviously tempting to think that biological organisation can be included in the conceptual framework of non-equilibrium thermodynamics and that the macroscopic organisation of living beings is linked

to the fact that the chemical mechanisms allow them to function *beyond the stability threshold of the thermodynamic branch.* It is beyond the present scope to discuss the matter in greater detail, but it already appears to have been established that dissipative structures play an important role in the biological order[17].

Extended thermodynamics raises a completely new problem that has no equivalent in equilibrium thermodynamics, i.e. the problem of stability. The statistically deterministic laws describing the system on the basis of the constraints defining it globally make it possible to predict the stationary state towards which the system will evolve. These same thermodynamic concepts also make it possible to define the excess entropy production which characterises the destiny of the fluctuations, their regression or their amplification up to macroscopic dimensions and duration. However, the thermodynamic description of the system can no longer guarantee the system's stability. This stability must be calculated for each state taking into detailed account the chemical kinetics and any structuration already set up, i.e. the *history* of the system. The process of amplification of the fluctuation is, on the other hand, basically refractory to thermodynamic formalism. Our group has come up with some descriptions expressed in terms of stochastic process in order to understand the transition from an unstabilised state towards another macroscopic state; it has demonstrated the importance of the process of *nucleation*[17]: the stability of a system *vis-à-vis* a fluctuation is actually determined by the *size* of the fluctuation; only fluctuations exceeding a critical size escape being damped by interaction with the rest of the system and can resist the system's 'power of integration'; a system in which, for instance, diffusion is very rapid will very effectively annul all local perturbations by homogenizing the system before the mechanisms of chemical kinetics can amplify the fluctuation and destabilize the system.

This local theory of fluctuations expresses the new situation far from equilibrium: the instability threshold of a system marks the point where the 'control' of the system through the limiting conditions, a control that became only partial and indirect in the case of stable states far from equilibrium, has *broken down completely.* At this stage, the irreversible process that could be spoken of only in terms of the control one had over it, in terms of the macroscopic constraints maintaining the system far from equilibrium (theorem of minimum entropy production) reaches such an intensity that the assumptions allowing the mode of macroscopic description become untenable. It would appear that the system can be said to be no longer controlled but that, on the contrary, it exploits the constraints by means of which the environment or the experiment endeavour to define it macroscopically as a thermodynamic system.

The problem of stability, the likelihood of a fluctuation no longer tending towards insignificance macroscopically speaking but attaining macroscopic dimensions and lifetime call for the conception of a new type of object, a new objectivity that is no longer that of thermodynamics — which equates the knowable with the controllable, since it is when the control has '*broken down*' that the problem of stability arises — but which is not that of dynamics either, as the latter sets out the whole of a system's evolution starting with its description in an instantaneous state. In the latter case, in fact, the distinction between a system and its environment, that between an equilibrium state where the processes no longer occur at macroscopic level, and a non-equilibrium state, that between macroscopic determinism and local fluctuations, would be rejected as approximations without any dynamic meaning. Also eliminated would be the new view which the consideration of energy-dissipating processes had imposed on thermodynamics, and thus the problem of stability. Stability, *if this concept is to*

have any meaning, requires the constraints macroscopically defining the system by its distance from equilibrium to *retain some meaning* as they are what raises the problem of stability; the mode of macroscopic description must *retain some meaning* so that the threshold whence this mode of description begins to break down, whence the fluctuations cease to tend towards regression by statistical necessity, can be defined. The problem of stability implies that the level of macroscopic description at which this problem can be treated is not to be defined as a simple approximation with respect to a more fundamental level nor in terms of the coercible, manipulable, controllable and predictable nature of its objects.

Dissipative structures thus most probably signify a new state of matter, a new type of macroscopic order connected with irreversible processes and implying an organised and consistent behaviour of the components of the system. While the stable macroscopic state of the other physico-chemical systems can be deduced in a statistically deterministic way from the chemical composition and the interaction with the environment, the mode of functioning of the dissipative structure can only be justified by reference to the unpredictable element of the fluctuation of which it is the stabilised amplification. Statistical necessity and the randomness of the fluctuations are inseparably interwoven in this description. Randomness certainly does not mean arbitrariness, the indifference freedom for the structure being created. The macroscopic definition of the system actually determines the threshold of instability whence a fluctuation may begin to be amplified and also towards which stable modes of functioning the system is likely to tend. The element of chance is, however, irreducible and imposed in the very heart of the necessity of the macroscopic description: when several dissipative states are accessible beginning from an unstable state, no *macroscopic* description enables one to predict which fluctuation is going to occur, or towards which mode of functioning the system is going to tend.

It is significant that the dissipative structures themselves can be unstable, either as a result of a new interaction with the environment, or with respect to other types of fluctuations. A structure produced by a *succession* of amplified fluctuations can thus only be understood by reference to its past; no description of its physico-chemical state at any given moment can explain its functioning; and this past, interwoven with unpredictable events, will soon have to be considered as unique and unreproducible. For what reason should we thus avoid saying that a dissipative structure is properly the product of an individual *history*? Far from equilibrium, physics thus witnesses the indissoluble merging of the notions of structure, function and history, something that was denied by classical physics in the name of the reversibility of the behaviour of the fundamental elements of reality.

The fluctuations whose possible amplification we have examined so far were related to the concentrations of the active constituent units of the system. However, a system's stability may be jeopardized in a different way: 'mutations' may affect certain units, or other types of units may be introduced which set up and imply a new type of relations between the system's constituents. This thus leads to actual competition between the different possible modes of functioning of the system. The mutants, or intruders, initially present in only small numbers, will be eliminated and 'orthodox' functioning preserved except when their presence causes this functioning to become unstable. In this case, instead of being destroyed, they will multiply and the whole system will adopt this new mode of functioning at the cost of the destruction of those that no longer play any role in it. In this case, it is thus the stability of the very structure of the system, of the 'syntax' of the operations produced in it, that is being explored.

Let us take a simple example, i.e. that of

a population of self-replacing macromolecules. In this case, as analysed by Eigen[13], the population is dominated by the macromolecule which can best and most accurately catalyse its own synthesis. As a result of copying 'errors', 'mutant' macromolecules having a different sequence appear continually. However, these errors are without consequences and these 'monsters' do not multiply so long as they reproduce less quickly than the dominant 'normal' molecule. But should one of these monsters reproduce faster and better than the latter it will eliminate it and thus become the norm itself.

The study of structural stability allows essential questions to be asked concerning the mechanisms of evolution and differentiation of an ecosystem or a population; i.e. which innovators will succeed in overthrowing the system into which they intrude, which systems will succeed in resisting and in eliminating these dangerous inventors. Models representing the most widely varying situations are now being studied. For instance, the subdivision of a species into castes: under what conditions of competition between populations will there be any advantage in one fraction of a population specialising in a warlike and non-productive activity (the soldiers among the social insects); the specialisation of predatory activities: in what type of environment would it be advantageous for a species to restrict the range of its food resources, in which other would it be better to exploit the largest possible number of different resources; the dynamics of the evolution of a population of preys and predators; the appearance of a prey better able to escape, of a predator with increased capturing ability are factors of structural instability; the need for stability in an ecosystem allows certain long-term evolutionary tendencies to be predicted which already seem to be confirmed by certain empirical data[10].

'Order by fluctuation' possibly also leads to new questions being asked, to the relations between individual and structure being posed as a *problem* instead of opposing them abstractly or of just as abstractly denying their opposition. In particular we are thinking here of discussions like those debating the respective importance of socio-economic structures and the revolutionary role of 'great men' in historical upheavals. The properties of stability that we are describing, to the extent to which they associate a disordered elementary activity with a global organisation that may be created by this activity, and eventually also destroyed by it, appear to be in keeping with notions that, in other disciplines, have been considered as fundamental. Terms like function, dysfunction, and crisis could now take on some meaning in physics. The latter is thus opened up to the teachings and concepts from other horizons which had been foreign to it up to this time as it theoretically denied their very possibility.

I. P. and I. S.

Translation: I. McGILVRAY - ROMA

ACKNOWLEDGMENTS

We wish to express our thanks to Professor P. Glansdorff for his invaluable suggestions. Grants for the publication of this work were received from the French Ministry of National Education and Culture and the Dutch Ministry of National Education and Culture.

BIBLIOGRAPHY AND NOTES

General references

1 DELEUZE, G., *Différence et répétition*, Paris, PUF, 1972. *Proust et les signes*, enlarged edition, Paris, PUF, 1972.

2 DIDEROT, D., *Oeuvres*, Paris, Pléiade, 1935, p. 670-671.

3 FOUCAULT, M., *Les mots et les choses, une archéologie des sciences humaines*, Paris, Gallimard, 1966.

4 GUSDORF, G., *La révolution galiléenne*, Paris, Payot, 1969; *Dieu, la Nature, l'Homme au siècle des Lumières*, Paris, Payot, 1972.

5 We cannot accept the irrationalism which, as we see it, is at the basis of the essential link theory held, for example, by HEIDEGGER, M., in *Qu'est-ce qu'une chose?*, Paris, Gallimard.

6 KOYRÉ, A., *Etudes galiléennes*, Paris, Hermann, 1939; *Etudes Newtoniennes*, Paris, Gallimard, 1968.

7 MONOD, J., *Le hasard et la nécessité*, Paris, Seuil, 1970.

8 NEEDHAM, J., *La science chinoise et l'Occident; le grand titrage*, translated by E. Jacob, Paris, Seuil, 1973.

9 WHITEHEAD, A. N., *Science and the Modern World*, Cambridge, Cambridge University Press, 1927.

Thermodynamics

10 ALLEN, P., *Darwinian Evolution and a Predator-Prey Ecology*, in *Bulletin of Mathematical Biology*, 37, 1975.

11 BRUSH, S., *Thermodynamics and History*, in *The Graduate Journal*, vol. VII, n. 2, p. 477-565, Austin, 1967. *Kinetic Theory*, vol. 1, *The Nature of Gases and Heat*, Oxford, Pergamon Press, 1965; vol. 2, *Irreversible Process*, Oxford, Pergamon Press, 1966.

12 CARDWELL, D., *From Watt to Clausius*, London, Heinemann, 1971.

13 EIGEN, M., *Selforganization of Matter and the Evolution of Biological Macromolecules*, in *Naturwissenschaften*, vol. 58, p. 465-523, 1971.

14 GLANSDORFF, P. and PRIGOGINE, I., *Structure, stabilité et fluctuation*, Paris, Masson, 1971.

15 PRIGOGINE, I., *La thermodynamique de la vie*, in *La Recherche*, vol. 3, n. 24, p. 547-562, 1971.

16 PRIGOGINE, I., NICOLIS, G., BABLOYANTZ, A., *Thermodynamics of Evolution*, in *Physics Today*, I, vol. 25, n. 11, p. 23-28; II, vol. 25, n. 12, p. 38-44, 1972.

17 PRIGOGINE, I. and NICOLIS, G., *Self Organization in Non Equilibrium Systems*, New York, Wiley, 1977.

Epistemology of quantum mechanics

18 BOHR, N., *Physique atomique et connaissance humaine*, Paris, Gauthier-Villard, 1972.

19 D'ESPAGNAT, B., *Conception de la physique contemporaine*, Paris, Hermann, 1965; *Logique quantique et non séparabilité*, in *The Physicist's Conception of Nature*, ed. by J. MEHRA, Dordrecht-Holland, D. Reidel Pub. Comp., 1973.

20 HEISENBERG, W., *Physics and Philosophy*, 3rd ed., London, Allen and Unwin, 1971.

21 JAMMER, M., *The Conceptual Development of Quantum Mechanics*, New York, MacGraw Hill.

22 KÖRNER, S. (ed.), *Observation and Interpretation*, Butterworth's Scientific Publications, London, 1957.

23 PETERSEN, A., *Quantum Mechanics and the Philosophical Tradition*, MIT Press, 1968.

24 ROSENFELD, L., *L'évidence de la complémentarité*, in *Louis de Broglie, Physicien et Penseur*, Paris, Albin Michel, 1953; in *Nature*, 190, 384, 1961. *The Measuring Process in Quantum Mechanics*, in *Supp. of the Progress of Theoretical Physics*, 222, 1965.

25 TOULMIN, S. (ed.), *Physical Reality, Philosophical Essays on Twentieth Century Physics*, Harper Torchbooks, New York, Harper and Row, 1970.

Irreversibility and symmetry-breaking

26 GEORGE, C., PRIGOGINE, I. and ROSENFELD, L., *The Macroscopic Level of Quantum Mechanics*, in *Det Kong. Danske Vidensk. Selsk. Math. Phys. Medd.* 38, 12, 1972.

27 PRIGOGINE, I., *The Statistical Interpretation of Non-Equilibrium Entropy*, Acta Physica Austriaca, Supp. X, 401-450, 1973. *Time, Irreversibility and Structure*, in *The Physicist's Conception of Nature*, J. MEHRA, ed., Dordrecht-Holland, D. Reidel Publ. Comp., 1973. *Measurement Process and the Macroscopic Level of Quantum Mechanics*, ibid. *La naissance du temps*, Acad. Roy. Belg., Bull. Cl. Sci., 1973. *Irreversibility as a Symmetry-breaking Process*, in *Nature*, 248, 67-71, 1973. *Physique et Métaphysique*, Acad. Roy. Belg. Bulletin spécial du Bicentenaire, 1974.

28 PRIGOGINE, I., GEORGE, C., HENIN, F. and ROSENFELD, L., *A Unified Formulation of Dynamics and Thermodynamics*, in *Chemica Scripta*, vol. 4, p. 5-32, 1973.

Sistemi di basi di dati: esperienze e ricerche

Convegno Internazionale a Venezia

Si è tenuto a Venezia, nei giorni 23 e 24 Giugno, un convegno internazionale organizzato dal Centro Scientifico IBM su « Sistemi di basi di dati: esperienze e ricerche ».

Nel corso del convegno, cui hanno preso parte numerosi esperti di informatica italiani e stranieri, sono stati esaminati i risultati raggiunti dalla ricerca IBM nell'area delle banche dei dati e le prospettive offerte dallo sviluppo di nuovi linguaggi per la loro gestione.

Il Prof. Giampio Bracchi, del Politecnico di Milano, ha presentato la prima relazione. Dopo aver brevemente ricordato le origini e l'evoluzione dei sistemi per la gestione di basi di dati, egli ha sottolineato come l'eccessiva varietà di sistemi, realizzati e proposti, che utilizzano modelli logici, strutture fisiche di memorizzazione e tecniche molto differenti, faccia avvertire le esigenze di una maggiore aderenza della ricerca universitaria alla realtà industriale e di una sollecita opera di coordinamento e standardizzazione degli sforzi.

Pete Hill, del Laboratorio IBM di Santa Teresa in California, ha quindi illustrato i fondamenti, l'architettura e le prospettive del sistema IMS/VS (*Information Management System/Virtual Storage*), soffermandosi in particolare sulle potenzialità di questo strumento, che saranno ulteriormente sviluppate nell'ambito delle più avanzate tecniche di elaborazione dati. Successivamente, Jim Frame, dello stesso Laboratorio, ha esposto i positivi risultati di un'ampia indagine condotta in Europa e in America sull'utilizzo dell'IMS.

A portare due testimonianze sulle possibilità di impiego dell'IMS sono quindi intervenuti Carlo Magri, Direttore Organizzazione della GTE Telecomunicazioni, e Francesco Nicotra, Responsabile del Settore Tecnologie della Datamont, che hanno tracciato un breve profilo delle caratteristiche fondamentali dei sistemi usati dalle due aziende, esaminando anche le soluzioni alternative che si offrivano alle scelte operate.

Vincenzo Spadavecchia ha quindi presentato le caratteristiche del linguaggio prototipo AQL, basato sul modello relazionale e progettato presso il Centro Scientifico IBM di Bari, che può essere impiegato con notevole facilità e semplicità d'uso da parte di persone non specializzate le cui esigenze siano non soltanto di richiesta ma anche di applicazioni interattive e di simulazione.

Ha concluso i lavori della prima giornata R. Hartwig, del Centro Scientifico IBM di Heidelberg, il quale ha presentato l'IDAMS (*Integrated Data Analysis Management System*), un sistema prototipo creato per facilitare l'analisi e l'applicazione di complicati algoritmi a dati sperimentali.

Il convegno è quindi ripreso con l'intervento di Idillio Casazza, che ha illustrato il sistema sperimentale MIDA (*Multipurpose Interactive Data Access*) sviluppato presso il Centro Scientifico IBM di Pisa. Questo sistema realizza i concetti del modello relazionale per la rappresentazione e la gestione dei dati e si colloca, per quanto ne riguarda l'uso, nell'area del '*problem solving*'.

È stata poi la volta di S. J. Todd del Centro Scientifico IBM di Peterlee, che ha presentato uno studio sulla ottimizzazione delle basi di dati relazionali, evidenziando i parametri più significativi che determinano le prestazioni di questi 'data base'. Frank King del Laboratorio IBM di San José (California) ha brevemente passato in rassegna le attività dei laboratori di ricerca IBM nell'area dei sistemi di basi di dati, soffermandosi in particolare sul 'System R' e sull''Express'. Il System R è un sistema prototipo per la gestione di basi di dati fondato sul modello relazionale, al quale si può accedere sia in modo interattivo sia attraverso i linguaggi Cobol e PL/1. L'Express, anch'esso allo stadio di prototipo, consente di ottenere e ristrutturare informazioni provenienti da diverse fonti (ad esempio l'IMS, il sistema operativo OS/VS, i 'data base' relazionali ecc.) in modo semplice ed efficiente.

Un altro linguaggio di richiesta, il 'Query-by-Example', è stato quindi presentato da Moshé Zloof, del Centro di Ricerca IBM 'Thomas J. Watson' di Yorktown Heights (New York). Caratteristica fondamentale di questo linguaggio è la possibilità offerta all'utente di comunicare al sistema, attraverso l'uso di un terminale grafico interattivo, un esempio di quella che può essere la risposta alla richiesta che intende formulare.

Giacomo Marini, del Centro Scientifico di Venezia, ha trattato il tema delle basi di dati distribuite, un problema che si presenta oggi di grande attualità e interesse scientifico. Nella sua relazione è stato messo in luce come in questa area si disponga ancora di poca tecnologia e metodologia di progetto e sono stati evidenziati alcuni problemi in campi di indagine che possono servire da guida per il futuro lavoro di ricerca.

Nel suo intervento Erich Neuhold, dell'Università di Stoccarda, ha poi illustrato gli sviluppi a lungo termine che si attendono per i sistemi di gestione delle basi di dati. Ha concluso i lavori Renato Pennacchi, Direttore dei Centri Scientifici della IBM Italia, che ha presentato un quadro generale delle tematiche emerse in queste due giornate, sottolineando il proficuo scambio di esperienze e opinioni tra utenti, costruttori, mondo scientifico e accademico.

Data Base Systems: Experience and Research

Venice International Convention

An International Convention on « Data Base Systems: Experience and Research » organized by the IBM Italy Scientific Centers was held in Venice on June 23 and 24.

During the course of the convention, attended by a large number of experts in data processing in Italy and other countries, an analysis was made of the results achieved by IBM research in the area of Data Base and the prospects offered by the development of new languages in order to manage them.

Prof. Giampio Bracchi, of the Milan University Politecnico, made the first presentation. After briefly mentioning the origins and the evolution of systems for the management of Data Base, he stressed that the very wide variety of systems, realized and proposed, which utilize logical models and very different physical storage structures and techniques, draws attention to the need for university research to be more in keeping with industrial reality and for prompt action to be taken to coordinate and standardize efforts.

Pete Hill, of the IBM Laboratory at Santa Teresa in California, then explained the fundamental principles, the architecture and prospects of the IMS/VS (Information Management System/Virtual Storage) system, and dealt in particular on the potential of this tool, which will be further developed within the ambit of the most advanced data processing techniques. Later, Jim Frame, of the same Laboratory, presented the favorable results of an extensive survey conducted in Europe and in America on the utilization of the IMS.

Two people — Carlo Magri, Organization Manager of GTE Telecommunications, and Francesco Nicotra, Manager from the Technology Sector of Datamont, — reported the concrete utilization possibilities of the IMS. They gave a brief outline of the fundamental characteristics of the systems used by the two companies, and also examined the alternatives to the solutions decided upon.

Vincenzo Spadavecchia then presented the characteristics of the AQL prototype language, based on the relational model and devised by the Bari IBM Scientific Center. This language is simple and easy to use by non-specialist people whose requirements do not merely involve inquiries but also interactive and simulation applications.

The first day's proceedings were concluded by R. Hartwig, of the IBM Scientific Center in Heidelberg, who talked about IDAMS (Integrated Data Analysis Management System), a prototype system created to facilitate the analysis and the application of complicated algorism and experimental data.

The convention resumed with a presentation by Idillio Casazza, who spoke about the MIDA (Multipurpose Interactive Data Access) experimental system developed at the Pisa IBM Scientific Center. This system implements the concepts of the relational model for the representation and management of data and, as regard its utilization, it forms part of the 'problem solving' area.

S. J. Todd, of the IBM Scientific Center in Peterlee, then took over and presented a study on the optimization of relational Data Base, highlighting the more significant parameters that determine the performances of these Data Base. Frank King, of the San José IBM Laboratory in California, briefly described the activities of IBM research laboratories in the Data Base systems area, mentioning in particular the 'System R' and the 'Express'. The System R is a prototype system for Data Base management based on the relational model, to which it can have access both in interactive mode and via Cobol and PL/1 languages. Express, also at the prototype stage, makes it possible to obtain and restructure information coming from different sources (for example IMS, the OS/VS operating system, relational Data Base, etc.) simply and efficiently.

Another inquiry language, 'Query-by-Example', was presented by Moshé Zloof, of the Thomas J. Watson IBM Research Center, Yorktown Heights, New York. The basic characteristics of this language is that the user is offered the possibility of communicating to the system, via the use of an interactive graphic terminal, an example of what the reply to the inquiry he intends to make may be.

Giacomo Marini, of the Venice Scientific Center, talked on the subject of distributed Data Base, a problem currently of great general and scientific interest. His report stressed the fact that there is still little project methodology and technology available and certain problems in survey fields were highlighted — these may serve as a guide for future research work.

Erich Neuhold, of Stuttgart University, spoke of long term developments expected for Data Base management systems. The proceedings were closed by Renato Pennacchi, Manager of IBM Italy Scientific Centers, who gave a general outline of the topics which had emerged during the two-day convention and stressed the significance of the exchange of experiences and opinions among users, manufacturers and the scientific and academic world.

Panpsychistic Identism and its Meaning for a Universal Evolutionary Picture

BERNHARD RENSCH
Westfälischen Wilhelms-Universität, Münster (Westf.)

INTRODUCTION

Modern philosophical literature shows that the basic epistemological problem, the relation between matter and mind, is still insufficiently solved. Many philosophers, psychologists, psychiatrists and biologists hold a dualistic opinion. This view is ultimately based on the observation of death which leads to the idea that something must have left the body. Other philosophers and scientists defend a monistic opinion in a materialistic or an identistic version. I believe that the results of biological investigations as well as epistemological considerations speak in favour of a panpsychistic identism, and I will discuss briefly the main arguments which support this view and which also fit in well with a uniform evolutionary picture of the world.

I EPISTEMOLOGICAL ANALYSIS OF PSYCHIC PHENOMENA AND THE CONCEPT OF 'MATTER'

When we try to find out what extramental matter is like, we have to start from absolutely indubitable facts: from our sensations, mental images and thinking processes. These psychic phenomena which we experience in a stream of consciousness do not furnish direct information about 'matter', but only some hints at the existence of something extramental. We know that the secondary sense qualities like colour, smell, taste, pain, but also hardness, softness or smoothness, are not characteristics of matter, but qualities which are only produced by our sense-organs and brain. Our eyes for instance only receive quantitatively different electromagnetic oscillations of certain frequencies and react by specific excitations which they lead to the brain, and only here colour sensations arise. The world outside our brain has no colour, no smell, no sound and so on. Apparently also the primary qualities, the spatial and temporal characteristics of our sensations only correspond to the extramental qualities of matter to a certain degree.
This means: When we try to get some information about 'matter', we

carry out a process of reduction. We abstract from many qualities, but we do not abstract from consciousness. What remains, the 'reduct' is not something non-psychical (*Ziehen* 1913, 1934, 1939). However, because of this process of reduction it is no more sensation or mental image. It is not something 'material', but something basic which we may call *protopsychic.* As we have no *direct* evidence of 'matter' in the former sense, of something solid or substantial, the question arises, whether perhaps all extramental 'matter' which is better called 'the last something' can be regarded as something protopsychic. This view would correspond to a panpsychic identism. And this opinion can be supported by different biological statements (*Rensch* 1969, 1977 a, b).

II CORRESPONDENCE OF PHYSIOLOGICAL BRAIN PROCESSES AND PSYCHIC PHENOMENA

Many statements of brain research speak in favour of an identism of psychic phenomena and corresponding physiological brain processes. When certain brain regions of a non-narcotized patient become stimulated electrically, vivid visual and auditive hallucinations could become evoked (*Penfield* and *Rasmussen* 1950, *Penfield* 1955, *Penfield* and *Mathieson* 1974). The application of certain drugs alters psychic phenomena. Lysergacid compounds produce hallucinations. Metamphetamin increases physiological brain processes and at the same time the psychic processes. Sedativa slacken both processes down. Shortterm memory can be prevented by electrical shocks, longterm memory by injection of puromycin or acetoxycycloheximid (prevention of protein synthesis in the brain neurons).

The results of electrophysiological investigations particularly prove an immediate correspondence between physiological and conscious brain processes. A newborn child develops mental images and associative thinking in the same measure as the forebrain regions ripen. And this corresponds to characteristical alterations of the electroencephalogram (EEG). Only in the course of the fourth year of life the EEG becomes similar to that of adults (*Dumermuth* 1965). When in adults thinking processes are reduced during phases of dozing, the EEG shows prevailing alpha-waves (8-12/sec.). During intense thinking processes, for instance during calculating, shorter and more rapid beta-waves (14-40/sec) are superimposed. Optic stimuli cause specific alterations of the oscillations of electrical potentials in the visual cortex of the brain, acoustic stimuli cause alterations in the auditive region first. In all these cases an *immediate* (instantaneous) correspondence to conscious phenomena can be stated. Sporadic attacks of headache are marked in the EEG by groups of steep and high spikes. During longer phases of headache (migraine) larger theta-waves (0.5-3.5/sec) and delta-waves (4-7/sec) are inserted.

Neurotic diseases are often characterized by irregularities of the wave rhythm (cf. the EEG-figures in *Christian* 1968, *Niebeling* 1968). When the EEG no more shows oscillations of electrical potentials, the patient is mentally dead. In whatever manner these specific characteristics of the EEG may be explained, the immediate correspondence to conscious processes is evident.

A clear correspondence to *specific* mental images, however, could not be stated. This depends perhaps on the fact that an EEG is a record of integrated electrophysiological processes of thousends of brain neurons. So far we do not yet know what happens when an engram becomes evoked. But the medical psychologist *Birbaumer* was surely right, when he wrote (1975, p. 5): « All our psychic experience (thinking, feeling, intending, learning, perceiving and so on) depends upon biochemical and biophysical processes in the neurons. When one alters or disturbs these neurophysiological processes, one alters the psychic phenomena at the same time » (trans. from German text).

With regard to all the mentioned immediate correspondence between physiological brain processes and psychic phenomena it is obvious to assume that both processes are identical. And brain research is often guided by the assumption that this is the case. It would be almost difficult to explain the correspondences on the basis of a dualistic opinion, for one would be forced to suppose innumerable special laws which determine the specific connections between the many different qualities of sensations and mental images and the corresponding physiological processes. But there is no difficulty to explain the 'unity of body and mind' by an identification of both sides. The problem of 'preestablished harmony' (Geulincx, Leibniz) is solved in the simplest way.

Panpsychistic identism means that all characteristics of 'matter', of molecules, atoms, elementary 'particles' and energetic processes, are as well the protopsychic characteristics (not protopsychic characteristics *besides* physical characteristics). When protons, neutrons and electrons unite and form an atom, new atom-specific characteristics arise in this new system. In a corresponding manner new chemical and protopsychic characteristics arise, when atoms become united to molecules. (Salt has other characteristics than sodium and chlorine by which it is composed). On a very much higher level of integration, in neurons and active central nervous systems, the development could then have led to real psychic phenomena, to sensations.

III INDIVIDUAL HUMAN PSYCHOGENESIS

A fertilized human egg and the following multicellular stages do not show any kind of psychic processes. Only after sense receptors and

a brain are developed, at the earliest few weeks before birth, reactions show that the little child experiences sensations. How can such psychic phenomena arise, when they are regarded as something immaterial? Should an individual 'soul' have been inserted from somewhere? Such assumption seems to be impossible, because some specific mental endowments or weaknesses of a child normally correspond to some degree to the same characteristics of parents or grandparents. Research in twins and also among nearly related persons have clearly proved that several psychic characteristics are inherited (*Skodak* and *Skeels* 1949, *von Verschuer* 1954, *Gottschaldt* 1954, *Shields* 1962, *Erlenmeyer-Kimling* and *Jarvik* 1963, *Stern* 1973). They become transmitted from one generation to the next one by egg end spermatozoon. And in these cells the thread-like molecules of desoxyribonucleid acid (DNA) represents the proper genetic substance. When such molecules, the general structure of which is well known (possibly also certain molecules of the egg plasma), are capable to transfer mental characteristics and determine developmental processes which finally lead to neurons and brains in which physiological processes correspond to psychic phenomena, would it then not be obvious to assume that generally molecules, atoms and electrical energy already have a protopsychic nature? In the biochemically and biophysically complicated neurons and particularly in active brains the protopsychic characteristics could then become integrated to real psychic phenomena, to sensations.

IV PHYLOGENETIC ORIGIN OF PSYCHIC PHENOMENA

During the first two billions of years after the origin of the earth no organisms with sense organs and nerve cells existed. Only much afterwards psychic phenomena, sensations, mental images and higher mental processes have been developed in the course of animal and human phylogeny. Here, too, the question arises: Where from did psychic phenomena come, which are normally supposed to be something immaterial? It is difficult to judge about the evolution of psychic phenomena in animals. Only every human individual can state his own sensations, mental images and thinking processes which he experiences as indubitable reality. We are convinced that our fellow-men also experience the same or very similar conscious processes, because they can inform us about it by language. With regard to animals we can only judge by conclusions of analogy. Higher animals have sense organs and brains which are very similar to those of man, and their histological, cytological and biochemical structure is more or less identical. The same holds good for all basic functions of sense cells and neurons, the origin and course of excitations, associative connections and integrations in the brain, which can be investigated electrophysiologically, the development of memory traces

(engrams) and longterm memory. All vertebrates and even higher invertebrates can act as if they have formed averbal concepts, and apes and some monkeys can also act as if they have drawn conclusions (*Rensch* 1973). These far-going abilities which correspond to human abilities allows to suppose that higher animals also experience psychic phenomena, and nearly nobody doubts that a mammal or a bird would not see and hear and feel pain and would not have recollections of former experiences. Philosophers like Aristotle, St. Augustin, Locke, Leibniz, Condillac, Voltaire, Schopenhauer, Carus, Wundt and many others already discussed observations which support this opinion, which became increasingly endorsed later-on by investigations of modern animal psychology.

It is an inevitable consequence of our phylogenetic knowledge that psychic phenomena must have been evolved successively in the course of evolution. We must therefore ask on which phylogenetical level such phenomena could have begun and how this could happen. I will therefore briefly discuss the accomplishments of animals which represent lower stages of organization down to unicellular organisms (cf. *Rensch* 1970, 1973).

Brains of *fish* are much simpler than those of higher vertebrates, but their basic functions are the same. Many hundreds of investigations have shown that fish can learn to discriminate colours and patterns. They can retain a single discrimination task more than 150 days (*Saxena* 1960). Fish are subjected to simultaneous colour contrast and to different optical illusions like man (*Herter* 1930, *Dücker* 1966). It is therefore obvious to suppose that they really 'see' and have 'recollections'.

The eyes and brains of higher invertebrates like bees, wasps and cuttlefish differ very much from the brains and eyes of vertebrates, because they have been developed phylogenetically from an entirely different basis, but their brains are also divided in differently functioning regions, contain thousands of sensoric and motoric neurons (honey bee about 800 000: *Witthöft* 1967), and these cells function on principles like those of lower vertebrates. These animals can master optical discrimination tasks and can retain a single task some weeks (*Octopus*) or several days (bees). Although the central nervous system of insects is decentralized, it is possible to assume that these higher invertebrates also experience sensations and recollections, and that means processes of consciousness (of course not in the sense of selfawareness).

In lower invertebrates such conclusions become very much vaguer. Higher and lower worms have sense organs, some of them eyes, and central nervous systems. Marine polychaete worms can learn to choose the correct arm in a T-maze (*Evans* 1963, *Clark* 1964) and Turbellaria can 'learn' in the sense of conditioned reflexes (*Griffard* 1963, *Jacobson* 1964). Many unicellular organisms show 'sense-reactions' to light, chemical stimuli and touch. We can not know on which level of invertebrate organization sensations appeared first. If sensations are supposed to be

something immaterial, where from should they have come and have been inserted pointlike in the brains of lower animals? Some billions of years before such psychic phenomena did not exist on our earth and very probably not on other planetes. But when we assume that all matter has a protopsychic nature, such psychic phenomena could have been developed successively in the course of evolution as new characteristics in the complicated systems of sense organs and active brains.

V SUMMARY AND POSSIBLE OBJECTIONS

In the foregoing chapters I tried to show that the immediate correspondence of certain physiological brain processes and psychic phenomena and the individual as well as the phylogenetic development of conscious processes can be explained best on the basis of panpsychistic identism. Such identism means that all molecular, atomic and energetic characteristics and processes of 'matter' are at the same time protopsychic characteristics and processes. When protopsychic components are integrated in highly complicated physico-chemical systems of brains they can be experienced as psychic phenomena which pertain to a stream of consciousness in higher organisms and man.

At first sight this conception may be regarded as being incompatible with our physical knowledge of matter. However, modern definitions state that 'matter' is no longer considered so be something 'solid' or 'substantial' in the former sense, since mass is recognized to be equivalent to energy. 'Matter' can therefore be changed in radiation. This conception makes it easier to combine the findings of physics with panpsychistic identism (cf. *Eddington* 1939, *Jeans* 1943). Besides, the assumption that 'matter' is something protopsychical does not alter any physical statement.

Surely, protopsychic 'matter', which would better be called the protopsychic 'last something', does not correspond to common sense, and such conception will not easily become accepted. It will share its fate with our knowledge that all objects have no colour, as colour only arises in our eyes and brains. Although this knowledge is very old, it is still neglected by educated people.

But a critical objection to identism seems to be possible. 'Matter' and psychic phenomena seem to differ in a fundamental manner. The multifariousness of matter comes about to a high degree by *quantitative* differences. Elementary particles, protons, neutrons and electrons can unite and become atoms of more than hundred kinds. Atoms can unite and form innumerable types of molecules, and these can build up different minerals as well as organismic structures like cells, tissues and total individuals of highly complicated plants and animals. The realm of psychic phenomena on the contrary is characterized by the nearly infinite multifariousness of *qualities* of sensations, mental images and associative

processes which are irreducible, experienced as something primarely given.

This apparently so profound difference depends, however, only upon the following facts. The quantitatively different stages of integration of 'matter' can become disintegrated down to molecules and atoms, and it is also possible to some degree to produce different levels of integration by synthetization. Corresponding decompositions and synthetizations are not possible in the realm of psychic phenomena, because we can only experience all qualities in the highest stage of integration, in our human consciousness. But this does not mean that it could not have been developed in the course of phylogeny (*Rensch* 1968, 1971, 1973). And the assumption that this has been the case is almost obvious, because the lowest animals have fewer types of sense receptors and a much more primitive central nervous system, which contains relatively few neurons.

VI CRITIQUE OF DUALISTIC OPINIONS

Dualistic conceptions have been developed in two different versions. Either psychic phenomena are supposed to run parallel to physiological brain processes, or mutual effects of both realms, an interactionism exists. But both opinions meet with difficulties (*Rensch* 1974, 1977 a, b), and this fact can be regarded as another point in favour of panpsychistic identism. It is possible to object to *psychophysiological parallelism* that the immaterial psychic phenomena, which must be assumed as being lawfully connected with the different physiological brain processes, would be unnecessary phenomena, epiphenomena. Their existence would mean no advantage, because they would not have any influence on brain processes and would therefore not have any selection value. It would not be understandable why they have been developed, have become increasingly more numerous and complicated so that they could finally reach the level of human thinking.

Much more philosophers, psychiatrists, psychologists and biologists assume that *functional relations exist between immaterial psychic processes and material brain processes*. They believe that processes of volition and some other thinking processes determine motoric actions. This would, however, mean that a kind of additional energy would push and increase the normal energy of physiological brain processes. If this would be the case, the law of the conservation of energy would be infringed. On the other hand holders of interactionism also suppose that bodily conditions like excitement, fatigue, illness or the influence of drugs could directly cause or change mental processes. In this case bodily energy would disappear in the immaterial realm.

My rejection of interactionism does not mean that I doubt the positive effect of psychosomatic treatments. I only believe that the effect can

be explained in another manner. The words, i.e. the material sound waves of the doctor, do not directly cause immaterial sensations and thinking processes of the patient, but primarely produce excitations in the auditive brain regions and connected associative regions, from where excitations can be produced which are directed towards the unhealthy region.

VII SOME REMARKS ON EPISTEMOLOGICAL LITERATURE ON IDENTISM

Leaving out of account the Greek philosophers we can say that the real founder of identism was Spinoza. In his *Ethica* (1677, cf. 1914, Propositio VII, pars II) he wrote that the « thinking substance » and the « extended substance » are one and the same, which is comprehended now through this, now through that « attribute ». His « substantia » did not mean matter, but something neutral. However, Spinoza did not discuss the relations between both « attributes » (see also *Rensch* 1972). *Kant* (1787, cf. 1923, 2. Teil, 2. Abt., 2. Buch, 1. Hauptstück, p. 290) once suggested that « ... das, was der Erscheinung der Materie als Ding an sich selbst zu Grunde liegt, vielleicht so ungleichartig nicht sein dürfte... » (that what underlies the appearence of matter as thing in itself might perhaps not be so different). The apparently identistic 'absolute idealism' of Schelling and Hegel (cf. *Eisler* 1910) is founded on speculations without a clear epistemological background.

Fechner (1904, 1907) explained his opinion, which he called 'materialism': «in so far as both, body and soul, are only two modes of appearence of the same essence which is possible to get from an inner or an outer point of view » (trans. from German text). The philosophers *Avenarius* (1888-1891, 1928), *Erdmann* (1908), the zoologist *Haeckel* (1917, 1923) and in a more substantiated manner the physicist and philosopher *Mach* (1922, p. 255) based their opinions on an analysis of the experienced psychic phenomena and pointed out that the basic elements of matter and mind are the same. These philosophers regarded the *ego*, the self, not as something constant, but as a complex of changing phenomena. The philosopher and former psychiatrist *Ziehen* (1913, 1934, 1939) held a panpsychistic and identistic opinion of a particular kind. He analyzed the psychic phenomena and distinguished the 'parallel components' of sensations, the qualities and feeling tones, and on the other hand the 'causal components' or 'reducts' which remain after abstraction of the 'parallel' components (compare chptr. 2). The 'reducts' are not called matter, because they are also components of the conscious processes. Ziehen did not doubt the existence of an extramental something. So far as his 'reducts' represent certain functions of the brain, they are supposed to be connected with the 'parallel components' by 'laws of parallelism'. Although we have to do here with panpsychistic identism, a dualistic

principle remains, and the supposed 'laws of parallelism' only seem to be another expression for the unsolved problem, how 'preestablished harmony' (Leibniz) could have been developed.

Schlick (1925) characterized his identistic opinion in a very clear manner. He wrote (trans. from German text): «The world is a richly varied configuration of interdependent qualities, some of these are given factors in my (or another's) consciousness, and I call these subjective or psychic, others are not directly given to any consciousness and these I term objective or extramental — the concept of the psychical does not arise in this connection ». This view comes near to my own view, however, it differs, because Schlick also wrote (p. 293): «Consciousness cannot be the essence of the brain particles for they are present even when consciousness is absent, as in death or sleep ». I would object that in sleep most biochemical compounds may still be identical, but not the normal biophysical activity. It would be more consistent to assume that all matter, including material energetic processes like electrical potentials and fields in the brain, has a protopsychical nature, which can, however, only become experienced, when the protopsychical components are integrated in complicated and active physico-chemical systems, like brains, where they develop real psychic phenomena and pertain to a stream of consciousness.

Whitehead (1929) wanted to make the results of science compatible with metaphysics. He assumed that all matter down to elementary particles has a certain mental quality. He therefore spoke of « physical feelings ». This term corresponds to my term 'protopsychic'.

Feigl (1967, p. 107) explains his identistic opinion in the following manner: « It shares with certain forms of idealistic metaphysics in a very limited and (I hope) purified way, a conception of reality and combines with the tenable component of materialism, viz., the conviction that the basic laws of the universe are physical ». He believes that certain physiological brain processes are identical with psychic phenomena which he calls « raw feels ». But he rejects panpsychism. I believe that this rejection is inconsistent. When physiological processes of the brain, that means processes produced by the molecules, atoms and electric currents and fields are identified with psychic phenomena, then also the same molecules, atoms and electric energies outside the brain must have a protopsychic nature. *Globus* (1973) only approaches panpsychistic identism. He regards mental and physiological (physical) aspects of a « neutral reality » as complementary. But his « neutral reality can have no aspects, as it has resorbed event, matter and time ».

Hartshorne's version of panpsychism is based on the conviction that the origin of life and all psychic processes become better conceivable. *Wright* (1964, 1977) wrote: « Emergence of mind from no mind is sheer magic ». Also *Strombach* (1968) and *Birch* (1974, 1977) spoke in favour of panpsychistic identism. My own contributions appeared first 1968 (in English 1971), 1969, 1974, 1977 a, b.

All strict materialists like De La Mettrie, von Holbach, Moleschott,

Büchner, Vogt, Lenin, and at present *Smart* (1963, 1968, 1970). *Armstrong* (1968), *Rorty* (1970 a, b) and others try more or less to deny mental processes. They believe that the terms for psychic phenomena are only expressions for physiological brain processes. Smart for instance pretends that colours are only « powers to cause sensations in human beings » (1970, p. 60). But all these materialists can not deny that they experience sensations and thinking processes as indubitable primary giveness. They should therefore better be called identists. Already De La Mettrie was convinced that not only body but also mind exist, although as an insoluble unity. And Smart once wrote (1963, p. 11): « I shall argue for the view that our conscious experiences are to be identified with brain processes ».

Panpsychistic identism reconciles idealistic and materialistic conceptions. It is understandable that some philosophers layed more stress on the idealistic basis, whereas others emphasized the materialistic background.

VIII THE MEANING OF PANPSYCHISTIC IDENTISM FOR A UNIVERSAL EVOLUTIONARY PICTURE

The evolution of our solar system and our earth was a continuous process guided by physical and chemical laws. It is possible to regard the binding capabilities of elementary particles, which can lead, together with the gravitational forces, to the origin of atoms, molecules and celestial bodies, as a primary cause of all evolution. We can express these processes also in the language of cybernetics and say that the characteristics of elementary particles, atoms and molecules represent 'informations' which determine higher levels of integration. Due to new relations in the higher systems new characteristics arise and act as new informations (*Eigen* 1971).

Our earth originated before about 4.55 billions of years. First true fossil organisms could be found in 3.1-3.5 billions of years old layers (*Schopf* 1970, *Barghoorn* 1971). Many statements lead to the conclusion that the primitive unicellular organisms have been developed from prestages of life, protobionts. It has become probable in an increasing manner that the latter came about successively by chemical reactions of organic substances which were synthesized from inorganic substances under prebiological conditions (*Oparin* 1968, *Fox* 1965, 1969, *Buvet* and *Ponnamperuma* 1971, *Eigen* 1971, *Kaplan* 1972). By mutations, new gene combinations, natural selection and isolation new species of organisms originated which led to a phylogenetic tree, one branch of which finally produced *Homo sapiens*. As all generations are 'materially' connected with one another by the germ tracts and life always derived from life, the whole phylogenetic tree can therefore be regarded as a unity. All these facts are well founded (*Huxley* 1942, 1974, *Simpson* 1944, 1953,

1967, *Dobzhansky* 1962, 1967, 1970, *Mayr* 1942, 1963, *Remane* 1967, *Rensch* 1947, 1960, 1971, 1972). It is therefore possible to conclude that the whole evolution from the origin of the solar system, our earth and the first living beings up to the present species including *Homo sapiens* was a continuous process caused by universal laws (*Rensch* 1968).
When we now assume that all 'matter' which should better be called « the last something » is protopsychic in the sense of panpsychistic identism, i.e. that the physical characteristics are at the same time the protopsychical ones, also psychogenesis can be included in this cogent evolutionary process. Due to new systemic characteristics the protopsychic characteristics led to sensations and later-on to other psychic phenomena after high levels of integration, after brains have been evolved. *We thus see that panpsychistic identism leads to a uniform evolutionary picture of the world which is relatively free of contradiction.* And this is also an important argument for panpsychistic identism. With regard to the restriction of all knowledge to our human mental abilities this opinion can of course only be called a theory. And in spite of our probable explanation: The fact that the highest level of integration of protopsychic 'matter', the functions of the human brain, enabled man to understand his own nature and the laws of the universe, must be considered as a marvellous and nearly incredible development.

B. R.

NOTE OF THE BOARD

Scientia prides itself in being a forum open to various opinions and scientific debates. For this reason, and owing to the great authority of Bernhard Rensch in the field of zoological research on the mechanisms of evolution, this article of his is published even though the Board is of the opinion that the hypothesis of panpsychism developed in it does not satisfy the requirements of a scientific theory. Its validity or fallaciousness cannot be demonstrated by arguments corresponding to the judgment criteria held to be valid in the field of scientific reasoning.

As the problem of interpreting psychic phenomena is without doubt one of the most difficult and important in modern biology, in submitting the hypothesis put forward by B. Rensch to the judgment of the readers, the Board trusts that it may give rise to a debate among those interested in neurology and psychology which will reveal the present state of knowledge and opinions in this field, not least in view of the fact that Prof. Rensch's arguments are of an exquisitely philosophic nature.

BIBLIOGRAPHY

ARMSTRONG, D. M. 1968: *A Materialistic Theory of the Mind*, London (Routledge & Kegan Paul).

AVENARIUS, R. 1888-1891: *Kritik der reinen Erfahrung*, 2 vol., Leipzig (Reisland), 3. ed. 1928.

BARGHOORN, E. S., 1971: *The oldest fossils*, Scient. American 224, No. 5, 30-42.

BIRBAUMER, N. 1975: *Physiologische Psychologie*, Berlin, Heidelberg, New York (Springer).

BIRCH, CH. 1974: *Chance, necessity and purpose*, in F. J. AYALA and TH. DOBZHANSKY, *Studies in the Philosophy of Biology*, 225-239. London (Macmillan).

BIRCH, CH. 1977: *Can evolution be accounted for solely in terms of mechanical causation?*, in J. B. COBB and D. R. GRIFFIN, *Mind in Nature*, 13-18, Washington (Univ. Press of America).

BUVET, R. and C. PONNAMPERUMA 1971: *Molecular Evolution*, I, *Chemical Evolution and the Origin of Life*, Amsterdam, London (N. Holland Publ. Comp.).

CHRISTIAN, W. 1968: *Klinische Elektroenzephalographie*, Stuttgart (Thieme).

CLARK, R. B. 1964: *The learning abilities of nereid polychaetes and the role of the supraoesophageal ganglion*, Anim. Behaviour, Suppl. 1, 89-100.

DOBZHANSKY, TH. 1962: *Mankind Evolving*, New Haven, London (Yale Univ. Press.).

DOBZHANSKY, TH. 1967: *The Biology of Ultimate Concern*, New York (New Amer. Libr.).

DOBZHANSKY, TH. 1970: *Genetics of the Evolutionary Process*, New York, London (Columbia Univ. Press.).

DÜCKER, G. 1966: *Untersuchungen über geometrisch-optische Täuschungen bei Wirbeltieren*, Z. Tierpsychol. 23, 452-496.

DUMERMUTH, G. 1965: *Electroencephalographie im Kindesalter*, Stuttgart (Thieme).

EDDINGTON, A. 1939: *The Philosophy of Physical Science*, Cambridge (Univ. Press.).

EIGEN, M. 1971: *Selforganization of matter and the evolution of biological macromolecules*, Naturwiss. 58, 465-522.

EISLER, R. 1910: *Geschichte des Monismus*, Leipzig (Kröner).

ERDMANN, B. 1908: *Wissenschaftliche Hypothesen über Leib und Seele*, Köln (Dumont-Schauberg).

ERLENMEYER-KIMLING and L. F. JARVIK 1963: *Genetics and Intelligence. A Review*, Science 142, 1477-1479.

EVANS, S. M. 1963: *Behaviour of polychaete Nereis in T-mazes*, Animal Behaviour 11, 379-392.

FECHNER, G. TH. 1904: *Die Tagesansicht gegenüber der Nachtansicht*, 2. ed., Leipzig (Breitkopf u. Härtel). (1. ed. 1879).

FECHNER, G. TH. 1907: *Ueber die Seelenfrage, ein Gang durch die sichtbare Welt, um die unsichtbare zu finden*, 2. ed., Leipzig (Voss). (1. ed. 1861).

FEIGL, W. (1958) 1967: *The « Mental » and the « Physical ». The Essay and a Postscript*, Minneapolis (Univ. of Minnesota Press).

FOX, W. (ed.) 1965: *The Origin of Prebiological Systems and their Molecular Matrices*, New York, London (Acad. Press.).

GLOBUS, G. G. 1973: *Unexpected symmetries in the world knot*, Science 180, 1129-1136.

GOTTSCHALDT, W. 1954: *Zur Theorie der Persönlichkeit und ihrer Entwicklung*, Z. Psychol., 157, 2-22.

GRIFFARD, C. D. 1963: *Classical conditioning of the planarian Phagocata gracilis to water flow*, Journ. Compar. Physiol. Psychol., 56, 597-600.

HAECKEL, E. 1917: *« Kristallseelen ». Studien über das organische Leben*, Leipzig (Kröner).

HAECKEL, E. 1923: *Zellseelen und Seelenzellen*, Leipzig (Kröner).

HARTSHORNE, CH. 1934: *Mind, matter and freedom*, Sci. Monthly 78, 314-320.

HERTER, K. 1930: *Weitere Dressurversuche an Fischen*, Z. vergleich. Physiol. 11, 730-748.

HUXLEY, J. 1942: *Evolution. The Modern Synthesis*, London (Allen & Unwin) (3. ed. 1974).

HUXLEY, J. S. 1947: *The Uniqueness of Man*, London (Chatto & Windus).

JACOBSON, A. L. 1964: *Learning in planarians: current status*, Animal Behaviour, Suppl. 1, 76-82.

JEANS, J. 1943: *Physics and Philosophy*, Cambridge (Cambridge Univ. Press).

JOHN, E. R. 1967: *Mechanisms of Memory*, New York (Acad. Press).

KANT, I. (1767) 1923: *Kritik der reinen Vernunft* (2. ed. Riga), in: *Werke*, ed. by E. CASSIRER, vol. III, Berlin (Cassirer).

KAPLAN, R. W. 1972: *Der Ursprung des Lebens*, Stuttgart (Thieme dtv).

MACH, E. 1922: *Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des Physischen zum Psychischen*, 9. ed. Jena (G. Fischer). (1. ed. 1885).

MAYR, E. 1942: *Systematics and the Origin of Species*, New York (Columbia Univ. Press.).

MAYR, E. 1963: *Animal Species and Evolution*, Cambridge (Mass.) (Harvard Univ. Press).

NIEBELING, H. G. 1968: *Einführung in die Elektroenzephalographie*, Leipzig (Barth).

OPARIN, A. J. 1968: *Genetics and Evolutionary Development of Life*, New York (Acad. Press).

PENFIELD, W. and T. RASMUSSEN 1950: *The Cerebral Cortex of Man*, New York (Macmillan).

PENFIELD, W. 1955: *The role of the temporal cortex in certain psychical phenomena*, Journ. Ment. Sci. 101, 451-465.

PENFIELD, W. and G. MATHIESON 1974: *Memory-autopsy findings and comments on the role of hippocampus in experimental recall*, Arch. Neurol. 31, 145-154.

REMANE, A. 1967: *Die Geschichte der Tiere*, in G. HEBERER, *Die Evolution der Organismen*, 3. ed. vol. 1, 589-677, Stuttgart (G. Fischer).

RENSCH, B. 1947: *Neuere Probleme der Abstammungslehre*, Stuttgart (Enke) (3. ed. 1972).

RENSCH, B. 1960: *The laws of evolution*, in S. TAX, *Evolution after Darwin*, Vol. I, 95-116, Chicago (Chicago Univ. Press).

RENSCH, B. 1968: *Biophilosophie auf erkenntnistheoretischer Grundlage*, Stuttgart (G. Fischer).

RENSCH, B. 1969: *Die fünffache Wurzel des panpsychistischen Identismus*, Philosophia naturalis 11, 129-150.

RENSCH, B. 1970: *Evolution of matter and consciousness and its relation to panpsychistic identism*, in M. K. HECHT and W. C. STEERE, *Essays on Evolution and Genetics in Honor of Theodosius Dobzhansky*, 97-119, New York (Appleton, Century, Crofts).

RENSCH, B. 1971: *Biophilosophy*, New York, London (Columbia Univ. Press).

RENSCH, B. 1972: *Spinoza's identity theory and modern biophilosophy*, The Philosoph. Forum (Boston) 193-207.

RENSCH, B. 1973: *Gedächtnis, Begriffsbildungen und Planhandlungen bei Tieren*, Berlin, Hamburg (Parey).

RENSCH, B. 1974: *Polynomistic determination of biological processes*, in F. J. AYALA and TH. DOBZHANSKY, *Studies in the Philosophy of Biology*, 241-258, London, Basingstoke (Macmillan).

RENSCH, B. 1977 a: *Das universale Weltbild. Evolution und Naturphilosophie*, Frankfurt (Fischer Taschenbuch Verlag).

RENSCH, B. 1977 b: *Arguments for panpsychistic identism*, in J. B. COBB and D. R. GRIFFIN, *Mind in Nature*, 70-78, Washington (Univ. Press of America).

RORTY, R. 1970 a: *Mind-body identity, privacy and categories*, in C. V. BORST, *The Mind-Brain Identity Theory*, 186-213, London (Macmillan).

RORTY, R. 1970 b: *In defence of eliminative materialism*, Metaphysics 24, 112-121.

SAXENA, A. 1960: *Lernkapazität, Gedächtnis und Transpositionsvermögen bei Forellen*, Zool. Jahrb., Abt. Allgem. Zool. 69, 63-94.

SCHLICK, M. 1925: *Allgemeine Erkenntnislehre*, 3. ed. Berlin (Springer).

SCHOPF, J. W. 1970: *Precambrium microorganisms and evolutionary events prior to the origin of vascular plants*, Biol. Reviews 45, 319-352.

SHIELDS, J. 1962: *Monozygotic Twins. Brought up Apart and Brought up Together*, London, New York, Toronto (Oxford Univ. Press).

SIMPSON, G. G. 1944: *Tempo and Mode in Evolution*, New York (Columbia Univ. Press).

SIMPSON, G. G. 1953: *The Major Features of Evolution*, New York (Columbia Univ. Press).

SIMPSON, G. G. 1967: *The Meaning of Evolution*, 2. ed. New Haven, London (Yale Univ. Press).

SKODAK, M. and H. M. SKEELS 1949: *A final follow-up study of one hundred adopted children*, J. Genet. Psychol. 75, 85-125.

SMART, J. J. C. 1963: *Philosophy and Scientific Realism*, London (Routledge & Kegan Paul).

SMART, J. J. C. 1968: *Between Science and Philosophy*, New York (Random House).

SMART, J. J. C. 1970: *Brain processes and incorrigibility*, in C. V. BORST, *The Mind-Brain Identity Theory*, 107-109, London (Macmillan).

SPINOZA, B. DE (1677) 1914: *Ethica*, in: *Opera quotquot reperta sunt*, Ed. by J. VAN VLOTEN and J. P. N. LAND, 3. ed., vol. 1, Den Haag (Nijhoff).

STERN, C. 1970: *Principles of Human Genetics*, 3. ed. San Francisco (Freeman).

STROMBACH, W. 1968: *Natur und Ordnung*, München (Beck).

VERSCHUER, O. VON 1954: *Wirksame Faktoren im Leben des Menschen. Beobachtungen an ein- und zweieiigen Zwillingen durch 25 Jahre*, Wiesbaden (F. Steiner).

WHITEHEAD, A. N. 1929: *Process and Reality. An Essay in Cosmology*, New York (Macmillan).

WITTHÖFT, W. 1967: *Absolute Anzahl und Verteilung der Zellen im Hirn der Honigbiene*, Z. Morphol. Tiere 61, 168-184.

WRIGHT, S. 1964: *Biology and the Philosophy of Science*, in W. L. RIESE and E. FREEMAN, *Process and Divinity*, 101-125, La Salle, Ill. (Open Court).

WRIGHT, S. 1977: *Panpsychism and Science*, in J. B. COBB and D. R. GRIFFIN, *Mind in Nature*, 79-88, Washington (Univ. Press of America).

ZIEHEN, TH. 1913: *Erkenntnistheorie auf psychophysiologischer und physikalischer Grundlage*, Jena (G. Fischer).

ZIEHEN, TH. 1934, 1939: *Erkenntnistheorie*, 2 vol., Jena (G. Fischer).

Colloques internationaux du CNRS
N° 255

Spectroscopie des éléments de transition et des éléments lourds dans les solides

(Lyon, 28 juin - 3 juillet 1976)
organisé par F. Gaume

• la détermination théorique des niveaux d'énergie et l'application à l'étude de la liaison chimique • interaction électron-phonon • processus radiatifs et non-radiatifs • la migration et le transfert de l'énergie entre ions dans différents sites • études de la structure réelle du solide

• spectral properties calculated from molecular-type clusters in solid ionic transition-metal compounds

• structure électronique des centres luminogènes du type mercure

• ground state and excited states of transition metal complexes (method LCAO - MO - SCF ab initio)

• theoretical studies of transition-metal complexes in molecular, solid-state, and biological environments with emphasis on systems of catalytic importance

• etc.

(48 communications dont 30 en anglais et 18 en français)

21 × 29,7 / 316 p. / broché
220 fig. / 43 tabl. / 1 phot.
ISBN 2-222-02039-5 190 F

Documentation S gratuite sur demande.

Editions du CNRS
15 Quai Anatole-France 75700 Paris
CCP Paris 9061-11 • Tel 555 92 25

SOEBEN ERSCHIENEN

INDEX GENERALIS 1907-1975

von

SCIENTIA

Internationale Zeitschrift
für wissenschaftliche Synthese

Die Einführung hat Herr Prof. Giuseppe Montalenti des Genetikinstituts der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Rom verfasst.

Der Index Generalis besteht aus einem Band von 100 Seiten. Darin sind über 3.500 Beiträge von Wissenschaftlern der ganzen Welt angeführt, die Scientia in 70 Jahren veröffentlicht hat. Es handelt sich gewissermassen um eine Geschichte des wissenschaftlichen Denkes dieses Jahrhunderts bis auf den heutigen Tag.

Die zur Erstellung des Index angewandten Regeln sind in einer am Anfang des Bandes zusammengefassten Begriffsklärung angegeben.

Die Datenverarbeitung wurde vom CNUCE, einer vom CNR abhängigen Anstalt, geleistet.

Preis des Bandes: Europe Lit. 2.500, andere Länder $3.50

Bestellungen werden vom Verlag entgegengenommen:

SCIENTIA - Edizioni speciali - Via Guastalla 9 - 20122 Milano

'Identismo' panpsichistico e suo significato per una visione universale dell'evoluzione

BERNHARD RENSCH
Westfälischen Wilhelms-Universität, Münster (Westf.)

INTRODUZIONE

La letteratura filosofica moderna mostra che il problema epistemologico fondamentale, il rapporto cioè tra materia e spirito, è tuttora risolto in modo non adeguato. Molti filosofi, psicologi, psichiatri e biologi hanno una concezione dualistica. Questa visione si basa fondamentalmente sull'osservazione dell'evento morte da cui deriva l'idea che qualcosa debba aver abbandonato il corpo. Altri filosofi e scienziati difendono una concezione monistica in una versione materialistica o 'identistica'. Io ritengo che tanto i risultati delle ricerche biologiche quanto le considerazioni epistemologiche depongano a favore di un 'identismo' panpsichistico, e tratterò brevemente gli argomenti principali a favore di questa concezione e che bene si accordano anche con una visione uniforme dell'evoluzione del mondo.

ANALISI EPISTEMOLOGICA DEI FENOMENI PSICHICI E IL CONCETTO DI 'MATERIA' - I

Quando cerchiamo di scoprire com'è fatta la materia extramentale, dobbiamo partire da fatti assolutamente indubitabili: dalle nostre sensazioni, immagini mentali e processi di pensiero. Questi fenomeni psichici che viviamo in un flusso di coscienza non forniscono informazioni dirette sulla 'materia', ma solo indicazioni sull'esistenza di qualcosa di extramentale. Sappiamo che le qualità sensoriali secondarie come il colore, l'odore, il sapore, il dolore, ma anche il duro, il morbido, il liscio non sono caratteristiche della materia, ma qualità prodotte solo dai nostri organi di senso e dal cervello. I nostri occhi, per esempio, ricevono solo oscillazioni elettromagnetiche quantitativamente differenti di una determinata frequenza e reagiscono con eccitazioni specifiche che essi inviano al cervello, e solo qui hanno origine le sensazioni di colore. Il mondo al di fuori del nostro cervello non ha colore, odore, suono e così via. Evidentemente anche le qualità primarie, le caratteristiche spazio-temporali delle nostre sensazioni, corrispondono alle qualità extramentali della materia solo fino ad un certo punto.

Ciò significa che quando cerchiamo di ottenere qualche informazione sulla 'materia', effettuiamo un processo di riduzione. Facciamo astrazione da molte qualità, ma non dalla coscienza. Ciò che ne rimane, il 'ridotto', non è qualcosa di non-fisico (*Ziehen* 1913, 1934, 1939). Peraltro, a causa di questo processo di riduzione, non è più sensazione o immagine mentale. Non è qualcosa di 'materiale', ma qualcosa di fondamentale che possiamo definire *protopsichico*. Non disponendo di alcuna prova *diretta* della 'materia', nel significato primo di qualcosa di

solido o sostanziale, sorge il problema se forse tutta la 'materia' extramentale meglio definita come 'l'ultimo qualcosa' non possa essere considerata come un che di protopsichico. Questa visione corrisponderebbe ad un 'identismo' panpsichistico. Ed è possibile sostenere questa opinione con diverse considerazioni biologiche (*Rensch* 1969, 1977 a, b).

CORRISPONDENZA DEI PROCESSI FISIOLOGICI CEREBRALI E DEI FENOMENI PSICHICI - II

Molti risultati relativi alle ricerche sul cervello depongono a favore di un'identità dei fenomeni psichici e dei corrispondenti processi fisiologici del cervello. Quando si stimolano elettricamente alcune regioni del cervello di un paziente non anestetizzato, si possono indurre vivide allucinazioni visive e uditive (*Penfield* e *Rasmussen* 1950, *Penfield* 1955, *Penfield* e *Mathieson* 1974). La somministrazione di certi farmaci altera i fenomeni psichici. I preparati a base di acido lisergico provocano allucinazioni. La metanfetamina provoca un aumento dei processi fisiologici del cervello e al tempo stesso dei processi psichici. I sedativi riducono entrambi i processi. Si può bloccare la memoria a breve termine mediante scosse elettriche, la memoria a lungo termine mediante iniezione di puromicina o acetossicicloessimide (blocco della sintesi di proteine nei neuroni del cervello).

I risultati delle ricerche elettrofisiologiche dimostrano in particolare un'immediata corrispondenza tra i processi cerebrali fisiologici e quelli coscienti. Un neonato sviluppa immagini mentali e pensieri associativi nella stessa misura in cui si sviluppano le regioni del proencefalo. E ciò corrisponde alle caratteristiche alterazioni dell'elettroencefalogramma (EEG). Solo durante il quarto anno di vita l'EEG diventa simile a quello degli adulti (*Dumermuth* 1965). Quando negli adulti i processi di pensiero si riducono durante le fasi di assopimento, l'EEG mostra un prevalere di onde alfa (8-12/sec.). Durante i processi di pensiero intensi, per esempio durante operazioni di calcolo, si sovrappongono più brevi e più rapide onde beta (14-40/sec.). Gli stimoli ottici causano specifiche alterazioni delle oscillazioni di potenziali elettrici nella corteccia visiva del cervello, gli stimoli acustici causano alterazioni innanzi tutto nella regione uditiva. In tutti questi casi si può asserire che vi è un'*immediata* (istantanea) corrispondenza con i fenomeni coscienti. Sporadici attacchi di mal di testa vengono contrassegnati nell'EEG da gruppi di punte aguzze e alte. Durante fasi più lunghe di mal di testa (emicrania) si inseriscono onde theta più ampie (0,5-3,5/sec.) e onde delta (4-7/sec.). I disturbi nevrotici sono spesso caratterizzati da irregolarità del ritmo di onda (cfr. le figure di EEG in *Christian* 1968, *Niebeling* 1968). Quando l'EEG non presenta più oscillazioni di potenziali elettrici, il paziente è mentalmente morto. In qualsiasi modo si spieghino queste specifiche caratteristiche dell'EEG, l'immediata corrispondenza con i processi coscienti è evidente.

Non è stato peraltro possibile stabilire una chiara corrispondenza con immagini mentali *specifiche*. Ciò dipende forse dal fatto che un EEG è una registrazione di processi elettrofisiologici integrati di migliaia di neuroni cerebrali. Fino a questo momento non sappiamo ancora che cosa succede quando si evoca un engramma. Ma lo psicologo medico *Birbaumer* aveva certamente ragione quando scriveva (1975, p. 5): « Tutta la nostra esperienza psichica (pensiero, sentimento, intenzione, apprendimento percezione, ecc.) dipende da processi biochimici e biofisici nei neuroni. Se si alterano o distrubano questi processi neurofisiologici, si alterano contemporaneamente i fenomeni psichici » (trad. dal testo tedesco). Per quanto riguarda tutta la citata immediata corrispondenza tra processi fisiologici cerebrali e fenomeni psichici, è logico supporre che entrambi i processi siano identici. E spesso si conduce la ricerca sul cervello

partendo dall'assunto che le cose stiano così. Sarebbe piuttosto difficile spiegare le corrispondenze sulla base di una concezione dualistica, perché si sarebbe costretti a supporre innumerevoli leggi speciali che determinino le connessioni specifiche tra le numerose e svariate qualità delle sensazioni e delle immagini mentali e i corrispondenti fisiologici. Ma non è affatto difficile spiegare l'unità di corpo e mente, mediante un'indentificazione di entrambi gli aspetti. Il problema dell''armonia prestabilita' (Geulincx, Leibniz) viene risolto nella maniera più semplice. 'Identismo panpsichistico' significa che tutte le caratteristiche di 'materia', di molecole, di atomi, di 'particelle' elementari e di processi energetici sono al tempo stesso le caratteristiche protopsichiche (non le caratteristiche protopsichiche *oltre che* le caratteristiche fisiche). Quando i protoni, i neutroni e gli elettroni si uniscono e formano un atomo, ne derivano in questo nuovo sistema nuove caratteristiche atomo-specifiche. In modo corrispondente dall'unione degli atomi in molecole derivano nuove caratteristiche chimiche e protopsichiche. (Il sale ha caratteristiche diverse dal sodio e dal cloro di cui è composto). Ad un livello di integrazione molto superiore, nei neuroni e nei sistemi nervosi centrali attivi, lo sviluppo potrebbe quindi aver condotto a fenomeni psichici reali, a sensazioni.

assunto appare impossibile, perché alcune specifiche doti o debolezze mentali di un bambino normalmente corrispondono in un certo grado alle stesse caratteristiche dei genitori o dei nonni. Ricerche condotte su gemelli e anche tra persone strettamente imparentate hanno chiaramente dimostrato che parecchie caratteristiche psichiche sono ereditarie (*Skodak* e *Skeels* 1949, *von Verschuer* 1954, *Gottschaldt* 1954, *Shields* 1962, *Erlenmeyer-Kimling* e *Jarvik* 1963, *Stern* 1973). Queste vengono trasmesse da una generazione alla successiva tramite l'uovo e lo spermatozoo. E in queste cellule le molecole filiformi di acido desossiribonucleico (DNA) rappresentano la vera e propria sostanza genetica. Considerando che tali molecole, di cui è ben nota la struttura generale (e probabilmente anche alcune molecole del plasma dell'uovo), sono in grado di trasferire caratteristiche mentali e di determinare processi di sviluppo che alla fine portano ai neuroni e ai cervelli in cui i processi fisiologici corrispondono ai fenomeni psichici, non sarebbe allora logico supporre che in genere le molecole, gli atomi e l'energia elettrica hanno di già una natura protopsichica? Nei neuroni biochimicamente e biofisicamente complessi e in particolare nei cervelli attivi, le caratteristiche protopsichiche potrebbero allora integrarsi con i fenomeni psichici reali, le sensazioni.

PSICOGENESI UMANA INDIVIDUALE - III

Un uovo umano fecondato e i successivi stadi pluricellulari non presentano alcun tipo di processo psichico. Soltanto dopo che si sono sviluppati i recettori sensoriali e il cervello, durante le ultime settimane precedenti la nascita, le reazioni dimostrano che il bambino prova delle sensazioni. Come possono insorgere tali fenomeni psichici quando li si considera come qualcosa di immateriale? È possibile che da qualche parte sia stata inserita un''anima' individuale? Tale

ORIGINE FILOGENETICA DEI FENOMENI PSICHICI - IV

Durante i primi due miliardi di anni dopo l'origine della terra non esisteva alcun organismo con organi di senso e cellule nervose. Soltanto molto tempo dopo, nel corso della filogenesi animale e umana si sono sviluppati i fenomeni psichici, le sensazioni, le immagini mentali e i processi mentali superiori. Anche qui sorge il problema: da dove provennero i fenomeni psichici che normalmente sono ritenuti essere qualcosa di immateriale?

È difficile valutare l'evoluzione dei fenomeni psichici negli animali. Soltanto ciascun individuo umano sa esprimere le proprie sensazioni, le immagini mentali e i processi di pensiero che egli prova come indubitabile realtà. Noi siamo convinti che i nostri simili vivono anch'essi processi coscienti uguali o molto simili, perché essi possono informarcene mediante il linguaggio. Per quanto riguarda gli animali possiamo giudicare unicamente per inferenze analogiche. Gli animali superiori hanno organi di senso e cervello molto simili a quelli dell'uomo, e la loro struttura istologica, citologica e biochimica è più o meno identica. Lo stesso vale per tutte le funzioni fondamentali delle cellule sensoriali e dei neuroni, l'origine e il corso delle eccitazioni, le connessioni associative e le integrazioni nel cervello, sulle quali si può indagare elettrofisiologicamente, lo sviluppo delle tracce mnemoniche (engrammi) e la memoria a lungo termine. Tutti i vertebrati e persino gli invertebrati superiori possono agire come se avessero formato concetti averbali, e le scimmie antropomorfe e alcune altre scimmie possono anche agire come se avessero tratto delle conclusioni (*Rensch* 1973). Queste notevoli capacità che corrispondono alle capcità umane ci consentono di supporre che gli animali superiori vivono anche fenomeni psichici, e quasi nessuno mette in dubbio che un mammifero o un uccello veda e senta e provi dolore e abbia ricordi di esperienze precedenti. Filosofi come Aristotile, Sant'Agostino, Locke, Leibniz, Condillac, Voltaire, Schopenhauer, Carus, Wundt e molti altri hanno già dibattuto su osservazioni portate a sostegno di quest'ipotesi, che fu in seguito maggiormente comprovata dalle ricerche della moderna psicologia animale.

Dalla nostra conoscenza filogenetica consegue inevitabilmente che i fenomeni psichici si devono essere sviluppati successivamente nel corso dell'evoluzione. Dobbiamo perciò domandarci a quale livello filogenetico possano aver avuto inizio tali fenomeni e come ciò sia potuto accadere. Tratterò quindi brevemente le prestazioni degli animali che rappresentano gli stadi inferiori dell'organizzazione fino agli organismi unicellulari (*Rensch* 1970, 1973).

I cervelli dei *pesci* sono molto più semplici di quelli dei vertebrati superiori, ma le loro funzioni fondamentali sono le stesse. Molte centinaia di ricerche hanno dimostrato che i pesci possono apprendere a discriminare colori e sagome. Rimangono capaci di effettuare un singolo compito di discriminazione per più di 150 giorni (*Saxena* 1960). I pesci sono soggetti a contrasti di colore simultanei e a varie illusioni ottiche come l'uomo (*Herter* 1930, *Dücker* 1966). È perciò logico supporre che essi realmente 'vedano' e abbiano 'ricordi'. Gli occhi e i cervelli degli invertebrati superiori come api, vespe e seppie differiscono moltissimo dai cervelli e dagli occhi dei vertebrati, dato che si sono sviluppati filogeneticamente da una base totalmente differente, ma i loro cervelli sono anche divisi in regioni funzionanti in modo differente, contengono migliaia di neuroni sensori e motori (le api mellifere all'incirca 800.000: *Witthöft* 1967), e queste cellule funzionano su principi simili a quelli dei vertebrati inferiori. Questi animali riescono ad eseguire compiti di discriminazione ottica e conservano la capacità di eseguire un singolo compito per alcune settimane (polipi) o per parecchi giorni (api). Benché il sistema nervoso centrale degli insetti sia decentralizzato, è lecito supporre che questi invertebrati superiori provino anche sensazioni e ricordi, e ciò significa processi di coscienza (naturalmente non nel senso di autoconsapevolezza).

Negli invertebrati inferiori tali conclusioni diventano molto più vaghe. I vermi superiori e inferiori hanno organi di senso, alcuni di essi hanno occhi e sistemi nervosi centrali. I policheti marini possono apprendere a scegliere il percorso giusto in un labirinto a T (*Evans* 1963, *Clark* 1964) e i turbellari possono 'apprendere' nel senso dei riflessi condizionati (*Griffard* 1963, *Jacobson* 1964). Molti organismi unicellulari mostrano 'rea-

zioni sensoriali' alla luce, agli stimoli chimici e al tatto. Non sappiamo a quale livello di organizzazione degli invertebrati siano comparse per la prima volta le sensazioni. Se si suppone che le sensazioni siano qualcosa di immateriale, da dove sarebbero venute e sarebbero state inserite in un punto dei cervelli negli animali inferiori? Alcuni miliardi di anni prima tali fenomeni psichici non esistevano sulla nostra terra e molto probabilmente nemmeno su altri pianeti. Ma se supponiamo che tutta la materia abbia una natura protopsichica, tali fenomeni psichici potrebbero essersi sviluppati successivamente nel corso dell'evoluzione come nuove caratteristiche nei complessi sistemi degli organi di senso e dei cervelli attivi.

RIASSUNTO ED EVENTUALI OBIEZIONI - V

Nei capitoli precedenti ho cercato di dimostrare che la corrispondenza immediata di certi processi fisiologici del cervello con fenomeni psichici e con lo sviluppo sia individuale che filogenetico dei processi coscienti, può essere meglio spiegata sulla base dell'identismo panpsichistico. Tale 'identismo' significa che tutte le caratteristiche molecolari, atomiche ed energetiche e i processi di 'materia' sono al tempo stesso caratteristiche e processi protopsichici. Quando si integrano componenti protopsichiche nei sistemi fisico-chimici altamente complessi dei cervelli, queste possono dar luogo a fenomeni psichici che appartengono ad un flusso di coscienza negli organismi superiori e nell'uomo.

A prima vista si può considerare questa concezione come incompatibile con la nostra conoscenza fisica della materia. Tuttavia, le definizioni moderne asseriscono che la 'materia' non è più considerata come qualcosa di 'solido' o 'sostanziale' nel significato primo, poiché si riconosce che la massa è equivalente all'energia. La 'materia' può perciò essere mutata in radiazioni. Questa concezione facilita la combinazione delle scoperte della fisica con l''identismo' panpsichistico (cfr. *Eddington* 1939, *Jeans* 1943). Inoltre, l'assunto che la 'materia' sia qualcosa di protopsichico non altera alcuna proposizione della fisica.

Certamente, la 'materia' protopsichica, che sarebbe meglio chiamare l''ultimo qualcosa' protopsichico, non corrisponde al senso comune e tale concezione non sarà facilmente accettata. Subirà la stessa sorte della nostra conoscenza sul colore, cioè che tutti gli oggetti non hanno colore, dato che il colore ha origine solamente nei nostri occhi e nei nostri cervelli. Benché questa conoscenza sia antichissima, è ancora trascurata dalle persone colte. Pare tuttavia possibile un'obiezione critica all''identismo'. La 'materia' e i fenomeni psichici sembrano differire in maniera fondamentale. La molteplicità della materia si manifesta in altro grado con differenze *quantitative*. Le particelle elementari, i protoni, i neutroni e gli elettroni possono unirsi e diventare atomi di più di cento tipi. Gli atomi possono unirsi e formare innumerevoli tipi di molecole e queste possono costituire diversi minerali come pure strutture di organismi quali cellule, tessuti e interi individui di piante e animali altamente complessi. Al contrario il regno dei fenomeni psichici è caratterizzato dalla quasi infinita molteplicità di *qualità* delle sensazioni, immagini mentali e processi associativi che sono irriducibili, vissuti come qualcosa di dato originariamente.

Questa differenza manifestamente tanto profonda dipende tuttavia solo dai seguenti fatti. Gli stadi quantitativamente differenti di integrazione della 'materia' possono venire disintegrati fino a molecole e atomi, ed è anche possibile in un certo grado produrre livelli differenti di integrazione mediante processi di sintesi. Decomposizioni e processi di sintesi corrispondenti non sono possibili nel regno dei fenomeni psichici, perché noi possiamo provare tutte le qualità solo nel massimo stadio dell'integrazione, nella nostra coscienza umana. Ma ciò non significa che questa non possa essersi sviluppata nel corso della filogenesi (*Rensch* 1968, 1971, 1973). Ed è quasi logico supporre che sia stato proprio così, perché gli ani-

mali a struttura più semplice hanno un minor numero di tipi di recettori sensoriali e un sistema nervoso centrale molto più primitivo, che contiene relativamente pochi neuroni.

CRITICA DELLE OPINIONI DUALISTICHE - VI

Le concezioni dualistiche si sono sviluppate in due versioni differenti. Sia che si supponga che i fenomeni psichici si svolgono parallelamente ai processi fisiologici cerebrali, sia che si suppongano effetti reciproci dei due domini, un interazionismo esiste. Entrambe le opinioni incontrano tuttavia alcune difficoltà (*Rensch* 1974, 1977 a, b) e si può considerare questo fatto come un altro punto a favore dell''identismo' panpsichistico.
È possibile obiettare al *parallelismo psicofisiologico* che i fenomeni psichici immateriali, che bisogna supporre come legittimamente connessi con i diversi processi fisiologici del cervello, sarebbero fenomeni inutili, epifenomeni. La loro esistenza non sarebbe di alcun vantaggio, perché non avrebbero alcuna influenza sui processi cerebrali e non avrebbero perciò alcun valore di selezione. Non si capirebbe come mai si siano sviluppati, siano diventati sempre più numerosi e complessi così da raggiungere alla fine il livello di pensiero umano.
Molti altri filosofi, psichiatri, psicologi e biologi presumono che *esistano relazioni funzionali tra i processi psichici immateriali e i processi cerebrali materiali*. Essi ritengono che i processi di volizione e alcuni altri processi di pensiero determinino le azioni motorie. Questo peraltro vorrebbe dire che una specie di energia addizionale stimolerebbe e accrescerebbe la normale energia dei processi fisiologici cerebrali. Se così fosse, la legge della conservazione dell'energia sarebbe violata. D'altro canto, i sostenitori dell'interazionismo presumono anche che le condizioni corporee come l'agitazione, la stanchezza, la malattia o l'influenza dei farmaci potrebbero direttamente provocare o mutare i processi mentali. In tal caso l'energia corporea sparirebbe nel regno immateriale.
Il mio rifiuto dell'interazionismo non significa che io dubiti dell'effetto positivo dei trattamenti psicosomatici. Credo solamente che l'effetto possa essere spiegato in altro modo. Le parole, ossia le onde sonore materiali del medico, non causano direttamente sensazioni immateriali e processi di pensiero nel paziente, ma in primo luogo producono eccitazioni nelle regioni uditive del cervello e nelle connesse regioni associative, da dove si possono produrre eccitazioni che vengono dirette verso la regione malata.

ALCUNE OSSERVAZIONI SULLA LETTERATURA EPISTEMOLOGICA RIGUARDANTE L'IDENTISMO - VII

Tralasciando dal novero i filosofi greci, si può dire che il vero fondatore dell''identismo' fu Spinoza. Nella sua *Ethica* (1677, cfr. 1914, Propositio VII, pars II) scrisse che la « sostanza pensante » e la « sostanza estesa » sono una sola e identica cosa, che viene compresa ora attraverso questo, ora attraverso quell'« attributo ». La sua « substantia » non voleva dire materia, ma qualcosa di neutro. Tuttavia Spinoza non trattò le relazioni tra i due « attributi » (vedasi anche *Rensch* 1972). *Kant* (1787, cfr. 1923, 2. Teil, 2. Abt., 2. Buch, 1. Hauptstück, p. 290) una volta suggerì che « ... das, was der Erscheinung der Materie als Ding an sich selbst zu Grunde liegt, vielleicht so ungleichartig nicht sein dürfte... » (ciò che è alla base dell'apparenza di materia come cosa in se stessa potrebbe forse non essere tanto differente). L''idealismo assoluto' evidentemente identistico di Schelling e Hegel (cfr. *Eisler* 1910) si basa su speculazioni senza un chiaro sfondo epistemologico. *Fechner* (1904, 1907) spiegò la sua opinione, che egli chiamò 'materialismo': « in quanto tutti e due, corpo e anima, sono solo due modi di apparire della stessa essenza che è possibile ottenere da un punto di vista interiore o esteriore »

(trad. dal testo tedesco). I filosofi *Avenarius* (1888-1891, 1928), *Erdmann* (1908), lo zoologo *Haeckel* (1917-1923) e in maniera più determinante il fisico e filosofo *Mach* (1922, p. 255) basarono le loro concezioni su un'analisi dei fenomeni psichici di cui si ha diretta esperienza e sottolinearono che gli elementi fondamentali della materia e dello spirito sono gli stessi. Questi filosofi consideravano l'ego, il sé, non come qualcosa di costante, ma come un complesso di fenomeni mutevoli. Il filosofo ed ex psichiatra *Ziehen* (1913, 1934, 1939) aveva un'opinione panpsichistica e identistica di tipo particolare. Egli analizzò i fenomeni psichici e distinse le 'componenti parallele' delle sensazioni, le qualità e i toni di sentimento, e d'altra parte le 'componenti causali' o 'ridotti' che rimangono dopo l'astrazione dalle 'componenti parallele' (cfr. cap. 2). I 'ridotti' non sono chiamati materia, perché sono anche componenti dei processi coscienti. Ziehen non mise in dubbio l'esistenza di un qualcosa di extramentale. Se i suoi 'ridotti' rappresentano certe strutture del cervello, si suppone che siano connessi con le 'componenti parallele' da leggi di parallelismo. Sebbene qui noi abbiamo a che fare con l''identismo' panpsichistico, resta un principio dualistico, e le presunte 'leggi di parallelismo' sembrano essere solo un'altra espressione del problema insoluto: come abbia potuto svilupparsi l''armonia prestabilita' (Leibniz).

Schlick (1925) caratterizzò la sua opinione identistica in una maniera molto chiara. Scrisse (trad. dal tedesco): «Il mondo è una configurazione molto varia di qualità interdipendenti, alcune di queste sono fattori dati nella mia (o nell'altrui) coscienza e questi io li chiamo soggettivi o psichici, altri non sono direttamente dati a nessuna coscienza e questi li definisco obiettivi e extramentali — il concetto dello psichico non sorge in questa connessione». Questo punto di vista si avvicina al mio, ma tuttavia differisce in quanto Schlick scrisse anche (p. 293): «La coscienza non può essere l'essenza delle particelle del cervello perché queste sono presenti anche quando la coscienza è assente, come nella morte o nel sonno». Vorrei obiettare che nel sonno la maggior parte dei composti biochimici può ancora essere identica, ma non la normale attività biofisica. Sarebbe molto più logico presumere che tutta la materia, includendo i processi energetici materiali come i campi e i potenziali elettrici nel cervello, abbia una natura protopsichica che tuttavia può essere sperimentata, quando le componenti protopsichiche sono integrate in sistemi fisico-chimici complessi e attivi, quali i cervelli, dove esse sviluppano fenomeni psichici reali e appartengono ad un flusso di coscienza.

Whitehead (1929) volle rendere i risultati della scienza compatibili con la metafisica. Suppose che tutta la materia fino alle particelle elementari avesse una certa qualità mentale. Parlò quindi di «sentimenti fisici». Questo termine corrisponde al mio termine 'protopsichico'.

Feigl (1967, p. 107) spiega la sua opinione identistica nel modo seguente: «Essa condivide con certe forme di metafisica idealistica, in modo molto limitato e (spero) purificato, un'idea di realtà e si combina con la componente sostenibile del materialismo, cioè con la convinzione che le leggi fondamentali dell'universo siano fisiche». Egli ritiene che certi processi fisiologici del cervello siano identici ai fenomeni psichici che egli chiama «sensazioni grezze». Ma rifiuta il panpsichismo. Io credo che questo rifiuto sia incoerente. Quando i processi fisiologici del cervello, il che significa i processi prodotti dalle molecole, dagli atomi, dalle correnti e dai campi elettrici, si identificano con i fenomeni psichici, allora anche le stesse molecole, atomi ed energie elettriche al di fuori del cervello devono avere una natura protopsichica.

Globus (1973) si accosta solo in parte all'"identismo' panpsichistico. Egli considera gli aspetti mentali e fisiologici (fisici) di una «realtà neutra» come complementari. Ma la sua «realtà neutra non può avere aspetti, in quanto ha riassorbito evento, materia e tempo».

La versione del panpsichismo di Hartshorne si basa sulla convinzione che in tal

modo sia più facile concepire l'origine della vita e tutti i processi psichici. *Wright* (1964, 1977) scrisse: « L'emergere dello spirito dall'assenza di spirito è pura magia ». Anche *Strombach* (1968) e *Birch* (1974, 1977) si espressero a favore dell'"identismo' panpsichistico. I miei contributi apparvero per la prima volta nel 1968 (in inglese 1971), 1969, 1974, 1977 a, b.

Tutti i materialisti rigorosi come La Mettrie, von Holbach, Moleschott, Büchner, Vogt, Lenin, e ora *Smart* (1963, 1968, 1970), *Armstrong* (1968), *Rorty* (1970 a, b) e altri tentano più o meno di negare i processi mentali. Essi ritengono che i termini relativi ai fenomeni psichici siano solamente espressioni dei processi fisiologici del cervello. Smart per esempio sostiene che i colori sono solo « fattori che causano sensazioni negli esseri umani » (1970, p. 60). Ma tutti questi materialisti non negano di provare sensazioni e processi di pensiero come indubitabile dato primario. Sarebbe quindi più opportuno chiamarli identisti. Già La Mettrie era convinto dell'esistenza non solo del corpo ma anche dello spirito, benché come unità inscindibile. E Smart una volta scrisse (1963, p. 11): « Sosterrò il concetto che le nostre esperienze coscienti vanno identificate con i processi cerebrali ».

L'"identismo' panpsichistico riconcilia le concezioni idealistica e materialistica. È comprensibile che alcuni filosofi abbiano dato maggior enfasi alla base idealistica, mentre altri ne sottolinearono lo sfondo materialistico.

IL SIGNIFICATO DI 'IDENTISMO' PANPSICHISTICO PER UNA VISIONE UNIVERSALE DELLA EVOLUZIONE - VIII

L'evoluzione del nostro sistema solare e della nostra terra fu un processo continuo guidato da leggi fisiche e chimiche. È possibile considerare le capacità di legame delle particelle elementari, che possono portare, insieme con le forze gravitazionali, all'origine di atomi, molecole e corpi celesti, come causa più importante di tutta l'evoluzione. Possiamo esprimere questi processi anche nel linguaggio della cibernetica e dire che le caratteristiche delle particelle elementari, degli atomi e delle molecole rappresentano 'informazioni' che determinano livelli superiori di integrazione. A causa di nuove relazioni nei sistemi superiori sorgono nuove caratteristiche che agiscono come nuove informazioni (*Eigen* 1971). La nostra terra ebbe origine circa 4,55 miliardi di anni fa. Si sono trovati i primi veri e propri organismi fossili in strati che risalgono a 3,1-3,5 miliardi di anni (*Schopf* 1970, *Barghoorn* 1971). Molte considerazioni conducono alla conclusione che gli organismi primitivi unicellulari si sono sviluppati da pre-stadi di vita, protobionti. Appare sempre più probabile che questi ultimi si siano prodotti successivamente per reazioni chimiche di sostanze organiche che vennero sintetizzate a partire da sostanze inorganiche in condizioni prebiologiche (*Oparin* 1968, *Fox* 1965, 1969, *Buvet* e *Ponnamperuma* 1971, *Eigen* 1971, *Kaplan* 1972). Mediante mutazioni, nuove combinazioni di geni, selezione naturale e isolamento, ebbero origine nuove specie di organismi che portarono all'albero filogenetico, un ramo del quale alla fine produsse *Homo sapiens*. Dato che tutte le generazioni sono 'materialmente' collegate le une alle altre dagli apparati embrionali e la vita derivò sempre dalla vita, l'intero albero filogenetico può quindi essere considerato come un'unità. Tutti questi fatti sono ben fondati (*Huxley* 1942, 1974) *Simpson* 1944, 1953, 1967, *Dobzhansky* 1962, 1967, 1970, *Mayr* 1942, 1963, *Remane* 1967, *Rensch* 1947, 1960, 1971, 1972). È quindi possibile concludere che l'intera evoluzione dall'origine del sistema solare, della nostra terra e dei primi esseri viventi fino alle specie odierne incluso *Homo sapiens*, fu un processo continuo provocato da leggi universali (*Rensch* 1968).

Quando ora supponiamo che tutta la 'materia' che sarebbe meglio chiamare l'"ultimo qualcosa' è protopsichica nel senso dell'"identismo' panpsichistico, ossia che le caratteristiche fisiche sono al tempo stesso

le caratteristiche protopsichiche, anche la psicogenesi può essere inclusa in questo convincente processo di evoluzione. A causa di nuove caratteristiche dei sistemi le caratteristiche protopsichiche condussero a sensazioni e poi ad altri fenomeni psichici dopo che si furono evoluti alti livelli di integrazione come i cervelli. *Vediamo perciò che l'"identismo' panpsichistico porta ad una visione uniforme dell'evoluzione del mondo che è relativamente sgombra di contraddizioni.* E questo è anche un importante argomento a favore dell'"identismo' panpsichistico. Per quanto riguarda la restrizione di tutta la conoscenza alle nostre capacità mentali umane, questa opinione può naturalmente essere chiamata solo una teoria. E malgrado la nostra plausibile spiegazione, il fatto che il massimo livello di integrazione della materia protopsichica, le funzioni del cervello umano, consentano all'uomo di comprendere la sua stessa natura e le leggi dell'universo, deve essere considerato come uno sviluppo meraviglioso e quasi incredibile.

B. R.

Traduzione: B. Besi - Ispra

NOTA DELLA DIREZIONE

Scientia vuole esere una palestra aperta alle varie opinioni e ai dibattiti scientifici. Per questa ragione, e per la grande autorità di Bernhard Rensch nel campo delle ricerche zoologiche sui meccanismi di evoluzione, pubblichiamo questo suo articolo, nonostante l'opinione della Direzione che la ipotesi del panpsichismo, che in esso è sviluppata, non corrisponda ai requisiti di una teoria scientifica. Infatti la sua validità o la sua fallacia non possono essere dimostrate con argomentazioni che corrispondano ai criteri di giudizio valevoli nell'ambito del ragionamento scientifico. Poiché il problema della interpretazione dei fenomeni psichici è indubbiamente uno dei più ardui, e anche dei più importanti della biologia moderna, la Direzione, nel sottoporre al giudizio dei lettori l'ipotesi sostenuta da B. Rensch, si augura che essa possa aprire una discussione fra i cultori di neurologia e di psicologia, da cui possa risultare lo stato attuale delle conoscenze e delle opinioni in questo campo, ciò in considerazione anche del fatto che le conclusioni del Professor Rensch assumono un carattere chiaramente filosofico.

BIBLIOGRAFIA

Armstrong, D. M. 1968: *A Materialistic Theory of the Mind*, London (Routledge & Kegan Paul).

Avenarius, R. 1888-1891: *Kritik der reinen Erfahrung*, 2 vol., Leipzig (Reisland), 3ª ed. 1928.

Barghoorn, E. S., 1971: *The oldest fossils*, Scient. American 224, N° 5, 30-42.

Birbaumer, N. 1975: *Physiologische Psychologie*, Berlin, Heidelberg, New York (Springer).

Birch, Ch. 1974: *Chance, necessity and purpose*, in F. J. Ayala e Th. Dobzhansky, *Studies in the Philosophy of Biology*, 225-239, London (Macmillan).

Birch, Ch. 1977: *Can evolution be accounted for solely in terms of mechanical causation?*, in J. B. Cobb e D. R. Griffin, *Mind in Nature*, 13-18, Washington (Univ. Press. of America).

Buvet, R. e C. Ponnamperuma 1971: *Molecular Evolution*, I, *Chemical Evolution and the Origin of Life*, Amsterdam, London (N. Holland Publ. Comp.).

Christian, W. 1968: *Klinische Elektroenzephalographie*, Stuttgart (Thieme).

Clark, R. B. 1964: *The learning abilities of nereid polychaetes and the role of the supraoesophageal ganglion*, Anim. Behaviour, Suppl. 1, 89-100.

Dobzhansky, Th. 1962: *Mankind Evolving*, New Haven, London (Yale Univ. Press.).

Dobzhansky, Th. 1967: *The Biology of Ultimate Concern*, New York (New Amer. Libr.).

Dobzhansky, Th. 1970: *Genetics of the Evolutionary Process*, New York, London, (Columbia Univ. Press).

Dücker, G. 1966: *Untersuchungen über geometrisch-optische Täuschungen bei Wirbellieren*, Z. Tierpsychol. 23, 452-496.

Dumermuth, G. 1965: *Electroencephalographie im Kindesalter*, Stuttgart (Thieme).

Eddington, A. 1939: *The Philosophy of Physical Science*, Cambridge (Univ. Press).

Eigen, M. 1971: *Selforganization of matter and the evolution of biological macromolecules*, Naturwiss. 58, 465-522.

Eisler, R. 1910: *Geschichte des Monismus*, Leipzig (Kröner).

Erdmann, B. 1908: *Wissenschaftliche Hypothesen über Leib und Seele*, Köln (Dumont-Schauberg).

Erlenmeyer-Kimling e L. F. Jarvik 1963: *Genetics and Intelligence. A Review*, Science 142, 1477-1479.

Evans, S. M. 1963: *Behaviour of polychaete Nereis in T-mazes*, Animal Behaviour 11, 379-392.

Fechner, G. Th. 1904: *Die Tagesansicht gegenüber der Nachtansicht*, 2ª ed., Leipzig (Breitkopf u. Härtel). (1ª ed. 1879).

FECHNER, G. TH. 1907: *Ueber die Seelenfrage, ein Gang durch die sichtbare Welt, um die unsichtbare zu finden*, 2ª ed., Leipzig (Voss). (1ª ed. 1861).

FEIGL, W. (1958) 1967: *The « Mental » and the « Physical ». The essay and a Postcript*, Minneapolis (Univ. of Minnesota Press).

FOX, W. (ed.) 1965: *The Origin of Prebiological Systems and their Molecular Matrices*, New York, London (Acad. Press).

GLOBUS, G. G. 1973: *Unexpected symmetries in the world knot*, Science 180, 1129-1136.

GOTTSCHALDT, W. 1954: *Zur Theorie der Persönlichkeit und ihrer Entwicklung*, Z. Psychol. 157, 2-22.

GRIFFARD, C. D. 1963: *Classical conditioning of the planarian Phagocata gracilis to water flow*, Journ. Compar. Physiol. Psychol. 56, 597-600.

HAECKEL, E. 1917: *« Kristallseelen ». Studien über das organische Leben*, Leipzig (Kröner).

HAECKEL, E. 1923: *Zellseelen und Seelenzellen*, Leipzig (Kröner).

HARTSHORNE, CH. 1934: *Mind, matter and freedom*, Sci. Monthly 78, 314-320.

HERTER, K. 1930: *Weitere Dressurversuche an Fischen*, Z. vergleich. Physiol. 11, 730-748.

HUXLEY, J. 1942: *Evolution. The Modern Synthesis*. London (Allen & Unwin) (3ª ed. 1974).

HUXLEY, J. S. 1947: *The Uniqueness of Man*. London (Chatto & Windus).

JACOBSON, A. L. 1964: *Learning in planarians: current status*. Animal Behaviour, Suppl. 1, 76-82.

JEANS, J. 1943: *Physics and Philosophy*. Cambridge (Cambridge Univ. Press).

JOHN, E. R. 1967: *Mechanisms of Memory*. New York (Acad. Press).

KANT, I. (1767) 1923: *Kritik der reinen Vernunft*. (2° ed. Riga). In: *Werke*, ed. da E. CASSIRER, vol. III. Berlin (Cassirer).

KAPLAN, R. W. 1972: *Der Ursprung des Lebens*. Stuttgart (Thieme dtv).

MACH, E. 1922: *Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des Physischen zum Psychischen*. 9ª ed. Jena (G. Fischer) (Iª ed. 1885).

MAYR, E. 1942: *Systematics and the Origin of Species*. New York (Columbia Univ. Press).

MAYR, E. 1963: *Animal Species and Evolution*. Cambridge (Mass.) (Harvard Univ. Press).

NIEBELING, H. G. 1968: *Einführung in die Elektroenzephalographie*. Leipzig (Barth).

OPARIN, A. J. 1968: *Genetics and Evolutionary Development of Life*. New York (Acad. Press).

PENFIELD, W. e T. RASMUSSEN 1950: *The Cerebral Cortex of Man*. New York (Macmillan).

PENFIELD, W. 1955: *The role of the temporal cortex in certain physical phenomena*. Journ. Ment. Sci. 101, 451-465.

PENFIELD, W. e G. MATHIESON 1974: *Memory-autopsy findings and comments on the role of hippocampus in experimental recall*. Arch. Neurol. 31, 145-154.

REMANE, A. 1967: *Die Geschichte der Tiere*. In G. HEBERER, *Die Evolution der Organismen*, 3ª ed. vol. 1, 589-677. Stuttgart (G. Fischer).

RENSCH, B. 1947: *Neuere Probleme der Abstammungslehre*. Stuttgart (Enke) (3ª ed. 1972).

RENSCH, B. 1960: *The laws of evolution*. In S. TAX, *Evolution after Darwin*. Vol. I, 95-116. Chicago (Chicago Univ. Press).

RENSCH, B. 1968: *Biophilosophie auf erkenntnistheoretischer Grundlage*. Stuttgart (G. Fischer).

RENSCH, B. 1969: *Die fünffache Wurzel des panpsychistischen Identismus*. Philosophia naturalis 11, 129-150.

RENSCH, B. 1970: *Evolution of matter and consciousness and its relation to panpsychistic identism*. In M. K. HECHT e W. C. STEERE, *Essays on Evolution and Genetics in Honor of Theodosius Dobzhansky*, 97-119. New York (Appleton, Century, Crofts).

RENSCH, B. 1971: *Biophilosophy*. New York, London (Columbia Univ. Press).

RENSCH, B. 1972: *Spinoza's identity theory and modern biophilosophy*. The Philosoph. Forum (Boston) 193-207.

RENSCH, B. 1973: *Gedächtnis, Begriffsbildungen und Plandhandlungen bei Tieren*. Berlin, Hamburg (Parey).

RENSCH, B. 1974: *Polynomistic determination of biological processes*. In F. J. AYALA e TH. DOBZHANSKY, *Studies in the Philosophy of Biology*, 241-258. London, Baingstoke (Macmillan).

RENSCH, B. 1977 a: *Das universale Weltbild. Evolution und Naturphilosophie*. Frankfurt (Fischer Taschenbuch Verlag).

RENSCH, B. 1977 b: *Arguments for panpsychistic identism*. In J. B. COBB e D. R. GRIFFIN, *Mind in Nature*, 70-78. Washington (Univ. Press of America).

RORTY, R. 1970 a: *Mind-body identity, privacy and categories*. In C. V. BORST, *The Mind-Brain Identity Theory*, 186-213. London (Macmillan).

RORTY, R. 1970 b: *In defence of eliminative materialism*. Metaphysics 24, 112-121.

SAXENA, A. 1960: *Lernkapazität, Gedächtnis und Transpositionsvermögen bei Forellen*. Zool. Jahrb, Abt. Allgem. Zool. 69, 63-94.

SCHLICK, M. 1925: *Allgemeine Erkenntnislehre*. 3ª ed. Berlin (Springer).

SCHOPF, J. W. 1970: *Precambrium microorganisms and evolutionary events prior to the origin of vascular plants*. Biol. Reviews 45, 319-352.

SHIELDS, J. 1962: *Monozygotic Twins. Brought up Apart and Brought up Together*. London, New York, Toronto (Oxford Univ. Press).

SIMPSON, G. G. 1944: *Tempo and Mode in Evolution*. New York (Columbia Univ. Press).

SIMPSON, G. G. 1953: *The Major Features of Evolution*. New York (Columbia Univ. Press).

SIMPSON, G. G. 1967: *The Meaning of Evolution*. 2ª ed. New Haven, London (Yale Univ. Press).

SKODAK, M. e H. M. SKEELS 1949: *A final follow-up study of one hundred adopted children*. J. Genet. Psychol. 75, 85-125.

SMART, J. J. C. 1963: *Philosophy and Scientific Realism*. London (Routledge & Kegan Paul).

SMART, J. J. C. 1968: *Between Science and Philosophy*. New York (Random House).

SMART, J. J. C. 1970: *Brain processes and incorrigibility*. In C. V. BORST, *The Mind-Brain Identity Theory*, 107-109. London (Macmillan).

SPINOZA, B. DE (1677) 1914: *Ethica*. In: *Opera quotquot reperta sunt*. Ed. da J. VAN VLOTEN e J. P. N. LAND. 3ª ed., vol. 1. Den Haag (Nijhoff).

STERN, C. 1970: *Principles of Human Genetics*. 3ª ed. San Francisco (Freeman).

STROMBACH, W. 1968: *Natur und Ordnung*. München (Beck).

VERSCHUER, O. VON 1954: *Wirksame Faktoren in Leben des Menschen. Beobachtungen an einun zweieiigen Zwillingen durch 25 Jahre*. Wiesbaden (F. Steiner).

WHITEHEAD, A. N. 1929: *Process and Reality. An Essay in Cosmology*. New York (Macmillan).

WITTHÖFT, W. 1967: *Absolute Anzahl und Verteilung der Zellen im Hirn der Honigbiene*. Z. Morphol. Tiere 61, 168-184.

WRIGHT, S. 1964: *Biology and the Philosophy of Science*. In W. L. RIESE e E. FREEMAN, *Process and Divinity*, 101-125. La Salle, Ill. (Open Court).

WRIGHT, S. 1977: *Panpsychism and Science*. In J. B. COBB e D. R. GRIFFIN, *Mind in Nature*, 79-88. Washington (Univ. Press of America).

ZIEHEN, TH. 1913: *Erkenntnistheorie auf psychophysiologischer und physikalischer Grundlage*. Jena (G. Fischer).

ZIEHEN, TH. 1934, 1939: *Erkenntnistheorie*. 2 Vol. Jena (G. Fischer).

The Mystique of Vitamins

HENRY M. LEICESTER
University of the Pacific, San Francisco

From the moment of their discovery vitamins have occupied a unique place among biological materials. The original concept of a deficiency disease attracted much attention because it contradicted the current medical thinking. The gradual discovery of the variety of vitamins themselves, the startling cures they produced, and the changes in the definition of the very word 'vitamin' sustained interest in the nature of these substances over a prolonged period of time. All these factors made it possible for those with special interests and bizarre theories of nutrition to use the vitamin concept in unorthodox ways. It is therefore of interest to trace the history of the vitamins to see how this concept has been used and misused.

Vitamin therapy had been employed empirically in medicine long before there was any understanding of the principles of its use. The Chinese used liver to cure night blindness in the early seventh century. The experiments of Hawkins in curing scurvy at sea by adding citrus juices to the diet of British sailors were carried out in 1593, and the subsequent use of this therapy in British ships was certainly one of the factors in the emergence of Great Britain as a world sea power.

However, it was only at the end of the nineteenth century that the concept of deficiency diseases began to be accepted. This was a totally new idea, for at that time the great success of the new science of bacteriology in curing disease had convinced almost everyone that bacterial organisms were required to produce illness. It was the presence of some factor that caused trouble, not the absence. Therefore, when a number of early studies showed that an inadequate diet could produce serious or even fatal results in animals, little attention was paid to them. By 1890 the serious disease beri beri had become prevalent in the Orient after polished rice became a staple in the diet. At this time Eijkman in Java demonstrated that beri beri could be prevented or cured by adding rice polishings to the diet. He believed that the disease was due to a nerve poison in the rice which was counteracted by a protective substance in the polishings[1]. It was not until ten years later that Grijns took the revolutionary step of suggesting that the symptoms of beri beri could be produced by lack of

some substance required by the nervous system, a substance which was present in the rice polishings[2]. The revolution in thinking involved here placed vitamins in a special position almost from the beginning of their scientific history, and soon after its acceptance it began to be applied to other diseases which could be suppressed by dietary modifications. The spectacular successes in thus preventing scurvy, rickets, beri beri, and xerophthalmia quickly convinced nutritionists that such 'accessory food factors' must exist, and that there had to be a number of these.

Casimir Funk attempted to isolate a definite substance which whould have curative properties, and though he was unable to obtain such a compound, he believed it was present in the nitrogenous fraction of his concentrates and so was probably an amine. Since it was essential to life, he called it a « vital amine », or « vitamine »[3]. By the time it had become apparent that it actually was not an amine, the term had become well established, and so the final 'e' was dropped and the term 'vitamin' became the accepted form[4].

During the first quarter of the twentieth century attempts to isolate pure vitamins continued, but without success. Only increasingly effective concentrates were prepared, but from these it soon became obvious that a number of different vitamins must exist. Each discovery of a new vitamin added to the complexity of the concept and so increased the mystery of the nature of these substances. The cures produced by simple changes in the diet, the apparently minute amounts of vitamins required to produce such cures, and the failure to find any chemical similarities among the concentrates served to increase the interest of physicians, nutritionists, and the general public.

In the decade of the 1920's vitamin therapy became standardized. The division into fat soluble and water soluble vitamins was firmly established and a working definition of the term vitamin was reasonably accepted. A vitamin was a substance which could not be synthesized by the body, but which was necessary to life and so had to be taken in the diet; it was required in small amounts only.

Almost at once, however, this definition had to be modified. By the end of the decade it was realized that the vitamin A of cod liver oil, the classical vitamin A, was not the only substance with the physiological action of the vitamin. Carotene, the yellow pigment of carrots and other plants, had the same effect. Early in the 1930's it was shown that carotene was converted by the body into vitamin A. The name and concept of a provitamin had to be introduced to describe this phenomenon. Then it was found that ergosterol, a plant sterol, could be converted to vitamin D, not by the body as in the case of carotene, but by the action of ultraviolet light. Was this a provitamin? But soon it was discovered that a derivative of cholesterol which the body itself synthesized was converted by ultraviolet light to a true vitamin D, just as was

ergosterol. The benefits of sunlight in curing rickets were thus explained, but the qualifications which had to be introduced into the definition of a vitamin became greater with each new discovery. In fact, there are now those who believe that vitamin D is actually not a vitamin at all, but a hormone. Just as thyroxine, the thyroid hormone, fed to patients with a thyroid deficiency, relieves the deficiency symptoms, so do the vitamins D relieve their deficiency symptoms. The distinction between vitamins and hormones is becoming less sharp. Modification of the original vitamin definition has now reached a point at which it can almost be said that the only workable definition is that a vitamin is a substance which we have agreed to call a vitamin.

The more recent discoveries of the biochemical functions of vitamins, especially those of members of the B complex, have clarified many rather complex mechanisms for biochemists, but they have given non-scientists a sense that it is now easy to tell just what a vitamin is and what it may be used to cure. It is simple for psychological factors to overcome more soundly based experimental discoveries. An example of this is to be found in the case of vitamin E. When this was discovered in 1922, the discoverers noted that a deficiency state in rats caused damage to the reproductive system[5]. The term 'fertility vitamin' was suggested as a popular name. Later it was found that in other animal species it was not so much the reproductive system as the musculature which was injured by a vitamin E deficiency. In humans no relief of such symptoms in either system was observed, in spite of many trials of the vitamin in a variety of disorders. There is some doubt as to whether the vitamin is actually required by humans. Yet the original name had suggested a sexual function, and the combination of the ideas of sex and food, two of the major preoccupations of the human mind, has made this vitamin one of the most widely used food supplements among many of the more unorthodox nutritionists.

Another approach to vitamin therapy involves the use the so-called megavitamin method. Followers of this school operate on the general principle that if a little of something is good, a larger amount must be better. The dangers of this idea are obvious, but fortunately the theory can be applied fairly safely in the case of the vitamins, even though toxic symptoms can occur with these when extremely large doses are taken. The water soluble vitamins do not accumulate in the body even after very large intake because the excess is quickly excreted in the urine and so potentially toxic amounts are not retained. In the case of the fat soluble vitamins this is not the case, since when they are ingested in excess, the overload is stored in the liver and large, perhaps toxic, amounts may be retained. However, even here there is a factor of safety, since the difference between the amounts normally ingested and the amounts at which toxic symptoms begin to appear is enormous. Therefore in most cases the question is not so much the safety of taking

large amounts as it is of how effective these amounts are therapeutically[6]. In many countries today there are official recommendations as to the desirable amounts of vitamins to be taken to maintain good health. These are based on the amounts needed to avoid deficiency symptoms plus a small extra amount to take care of extreme deficiency cases. Thus, for vitamin C, which is required in larger amounts than are most vitamins, the usual recommendation is 40-60 mg per day. The advocates of megatherapy in this case sometimes take up to 10 g. per day. This is said to prevent colds and respiratory infections. The leading exponent of this theory is Linus Pauling, the twofold Nobel Prize winner. He also advocates large doses of some of the B vitamins to relieve certain types of mental disorders[7]. It is difficult to be sure of the results of clinical tests of some of these diseases, since very subjective criteria are involved. Moreover, the majority of studies have failed to show conclusively that megavitamin therapy is as effective as has been claimed. In any event, it can certainly be said that if such large amounts of vitamins are effective in this manner, they are not acting as vitamins, but as drugs, since the conditions they are said to cure cannot be due to deficiencies. The amounts used are never taken normally.

Another claim which can easily be made is that a new vitamin has been discovered, one previously unknown to science. This claim can be made because it is entirely possible that there may be a substance needed in very minute amounts and so widely distributed that it is contained in almost all foods. In fact, vitamin B_{12} escaped detection for a long time for just these reasons. However, if such a claim is made for a new discovery, it must be backed up by convincing evidence, and so far no such evidence has been forthcoming for any claimed new vitamin.

There is an even more dangerous extension of this principle of claiming vitamin status for a substance for which there is no evidence of vitamin activity, but which, by taking the name of an essential nutritional supplement may avoid the consequences which might result if its true nature were known.

A number of years ago the claim was made that a cancer curing agent could be isolated from peach and apricot pits. The substance turned out to be the glycoside amygdalin, long known to be present in these sources and to yield on hydrolysis hydrocyanic acid among other products. For this reason these pits had been considered poisonous. The claim was now made that this hydrocyanic acid had a specific affinity for cancer cells and destroyed them selectively[8]. No scientific evidence for this claim has been produced, and though the use of this compound is permitted in many countries, its importation into the United States has been forbidden. Like many so-called cancer cures, the substance, called laetrile, has found many advocates, particularly among hopelessly ill patients. However, since the drug cannot be sold in the potentially rich United States market, the claim is now being made that it is actually a nutritional supplement, that is, a vitamin rather than a drug. It is being called

vitamin B_{17}. Although, as noted above, the definition of a vitamin is very flexible, this seems to be an unwarrented extension. To prevent deficiency symptoms a vitamin must be taken regularly as part of the diet, and so far no one, cancer sufferer or not, has subsisted on a diet of peach and apricot pits.

Another example of the misapplication of the vitamin concept is the theory that 'natural' foods are in some way better than 'artificial' ones. This is in a sense a revival of the old doctrine of vitalism, of a mysterious force inherent in life which sets it apart from inanimate matter. In fact, vitamins, whether synthesized in the laboratory or factory, or isolated from a food source, are chemicals with a definite structure and definite physiological properties. Synthetic ascorbic acid or vitamin C from plant sources are identical. However, since vitamins were first obtained from plant sources, and since an air of mystery still surrounds them in the public mind, they fit perfectly into the theories of the natural food adherents.

From all the above it becomes apparent that most of the confusion about vitamins and the misuse of the concept arise from the fact that compounds with a wide variety of chemical structures and functions have been gathered into one group. From a nutritional point of view this is acceptable, since all vitamins are, as the old term had it, accessory food factors. However, as their biochemical functions become clearer, the chemist more and more tends to speak of them in terms of these functions: as coenzymes, photoreceptors, and so on. This tendency will grow, and the name vitamin will more or less drop out of the scientific literature, but the aura of mystery that surrounds these substances in the public mind is not likely soon to disappear.

H. M. L.

BIBLIOGRAPHY

1 EIJKMAN, C., *Virchows Archiv*, 1897, CXLVIII, 523-32.
2 GRIJNS, G., *Researches on Vitamins 1900-1911*, J. Noorduyn en Zoon N. V., 1935, 34-8.
3 FUNK, C., *British Medical Journal*, 1912, 787-8.
4 DRUMMOND, J. C., *Biochemical Journal*, 1920, XIV, 660.
5 EVANS, H. C. and BISHOP, K. S., *Science*, 1922, LVI, 650-1.
6 LEVY, J. V. and BACH-Y-RITA, P., *Vitamins, Their Use and Abuse*, New York, 1976.
7 PAULING, L., *Vitamin C and the Common Cold*, San Francisco, 1970.
8 GREENBERG, D. M., *Western Journal of Medicine*, 1975, CXXII, 345-8.

La mistica delle vitamine

HENRY M. LEICESTER
University of the Pacific, San Francisco

Fin dal momento della loro scoperta, le vitamine hanno occupato un posto unico tra le sostanze biologiche. Il concetto originale di malattia da carenza suscitò molto interesse in quanto contraddiceva il pensiero medico corrente. La graduale scoperta delle varietà delle vitamine stesse, le sorprendenti guarigioni che esse produssero e i cambiamenti nella definizione della stessa parola 'vitamin' tennero vivo, per un prolungato periodo di tempo, l'interesse sulla nautra di queste sostanze. Tutti questi fattori permisero a coloro che avevano particolari interessi e che sostenevano stravaganti teorie sulla nutrizione di usare il concetto di vitamina in modi tutt'altro che ortodossi. È quindi interessante ripercorrere la storia delle vitamine per vedere in che modo si sia fatto uso ed abuso di questo concetto.

La terapia vitaminica è stata applicata empiricamente in medicina molto tempo prima che si fossero compresi i principi del suo impiego. Agli inizi del settimo secolo i cinesi usavano il fegato per curare la nictalopia. Gli esperimenti di Hawkins per la cura dello scorbuto in mare, mediante l'apporto di succhi di agrumi alla dieta dei marinai britannici, vennero compiuti nel 1593, e la successiva adozione di questa terapia sulle navi britanniche fu certamente uno dei fattori che consentirono alla Gran Bretagna di emergere come potenza marittima mondiale.

Fu tuttavia soltanto alla fine del diciannovesimo secolo che il concetto di malattie da carenza cominciò ad essere accettato. Era questa un'idea assolutamente nuova, perché a quel tempo il grande successo della nuova scienza della batteriologia nella cura delle malattie aveva convinto quasi tutti che a provocare le malattie erano gli organismi batterici. Era la presenza di qualche fattore a provocare disturbi, non l'assenza. Si prestò quindi scarsa attenzione ai risultati dei primi studi che dimostravano che una dieta inadeguata poteva provocare conseguenze serie o persino fatali negli animali. Intorno al 1890, quella grave malattia che è il beriberi era molto diffusa in oriente dopo che il riso brillato era diventato l'elemento base dell'alimentazione. A quell'epoca Eijkman a Giava dimostrò che si poteva prevenire o curare il beri-beri aggiungendo pula di riso alla dieta. Egli credeva che la malattia fosse dovuta a una sostanza velenosa per i nervi contenuta nel riso, che veniva neutralizzata da una sostanza protettiva contenuta nella pula[1].

Fu soltanto dieci anni dopo che Grijns rivoluzionò le idee correnti ipotizzando che i sintomi del beri-beri potessero essere causati dalla mancanza di qualche sostanza necessaria al sistema nervoso, una sostanza che era presente nella pula del riso[2]. Per l'assoluta novità di questa impostazione le vitamine si trovarono in una posizione speciale quasi dall'inizio della loro storia scientifica, e non appena questo concetto innovativo fu correntemente accettato, cominciò ad essere applicato ad altre malattie che potevano essere eliminate mediante modificazioni della dieta. Gli spettacolari successi ottenuti prevenendo in tal modo lo scorbuto, il ra-

chitismo, il beri-beri e la xeroftalmia convinsero ben presto gli studiosi della nutrizione che tali 'fattori alimentari accessori' dovevano esistere e che di questi ce ne doveva essere un certo numero.
Casimir Funk tentò di isolare una sostanza ben definita che avesse proprietà curative, e nonostante non fosse riuscito ad ottenere un tale composto, ritenne che fosse presente nella frazione azotata dei suoi concentrati e che quindi probabilmente si trattasse di un'ammina. Dato che era essenziale alla vita, egli la chiamò « vital amine » o « vitamine »[3]. Quando fu chiaro che in effetti non si trattava di una ammina, il termine era ormai entrato nell'uso e così cadde la 'e' finale e il termine 'vitamin' diventò la forma accettata[4].
Durante il primo quarto del ventesimo secolo continuarono, ma senza successo, i tentativi per isolare le vitamine pure. Si arrivò solo alla preparazione di concentrati sempre più efficaci, ma fu anche sempre più evidente che dovevano esistere vari tipi di vitamine. La scoperta di ogni nuova vitamina accresceva la complessità del concetto e di conseguenza aumentava il mistero intorno alla natura di queste sostanze. Le guarigioni ottenute da semplici cambiamenti nella dieta, le quantità evidentemente minime di vitamine necessarie per indurre tali guarigioni, e l'incapacità di trovare qualsiasi prodotto chimico similare tra i vari concentrati contribuirono ad accrescere l'interesse dei medici, dei dietologi e del pubblico in genere.

Nel decennio compreso tra il 1920 e il 1930 la terapia vitaminica diventò pratica corrente. Si stabilì una netta divisione tra vitamine liposolubili e vitamine idrosolubili e ci si accordò su una definizione concretamente efficace del termine vitamina. Una vitamina era una sostanza che non poteva venire sintetizzata dall'organismo, ma che era necessaria alla vita e quindi doveva essere assunta con l'alimentazione: era necessaria solo in piccole quantità.
Quasi immediatamente questa definizione dovette tuttavia essere modificata. Alla fine di detto decennio, ci si rese conto che la vitamina A dell'olio di fegato di merluzzo, la classica vitamina A, non era la sola sostanza capace di determinare l'azione fisiologica caratteristica della vitamina stessa. Il carotene, il pigmento giallo delle carote e di altre piante, aveva il medesimo effetto. Nei primi anni del 1930-40 fu dimostrato che il carotene veniva trasformato dall'organismo in vitamina A. Per spiegare questo fenomeno si dovette introdurre il termine e il concetto di provitamina. Poi si scoprì che l'ergosterolo, uno sterolo di origine vegetale, poteva venire trasformato in vitamina D, non dall'organismo come nel caso del carotene, ma dall'azione della luce ultravioletta. Era questo una provitamina? Ben presto si scoprì che un derivato del colesterolo, che l'organismo stesso sintetizzava, veniva trasformato dalla luce ultravioletta in vera e propria vitamina D, proprio come l'ergosterolo. Furono così spiegati i benefici della luce solare nella cura del rachitismo, ma le qualifiche che si dovevano introdurre nella definizione di una vitamina aumentavano ad ogni nuova scoperta. In effetti, ora c'è chi ritiene che la vitamina D non sia affatto una vitamina, ma un ormone. Come la tiroxina, l'ormone della tiroide, somministrata a pazienti affetti da deficiente attività della tiroide, riduce i sintomi di carenza, così le vitamine D riducono i sintomi derivanti dalla loro carenza. La distinzione tra vitamine e ormoni sta diventando sempre meno netta. Il cambiamento della definizione originale di vitamina è ora arrivato al punto in cui si può dire quasi che l'unica definizione che calza è quella secondo cui una vitamina è una sostanza che si è concordato di chiamare vitamina.

Le più recenti scoperte delle funzioni biochimiche delle vitamine, specialmente quelle delle vitamine del complesso B, hanno chiarito ai biochimici molti meccanismi piuttosto complessi, ma hanno dato ai non scienziati la sensazione che sia ora facile dire che cos'è una vitamina e cosa può curare. Su questi ultimi hanno più presa i fattori psicologici che non le scoperte solidamente

basate su dati sperimentali. Un esempio di ciò lo si trova nel caso della vitamina E. Quando questa venne scoperta nel 1922, gli scopritori notarono che uno stato di carenza nei ratti provocava lesioni nell'apparato genitale[5]. Il termine di 'vitamina della fecondità' venne proposto come nome popolare. Più tardi si scoprì che in altre specie animali non era tanto l'apparato genitale quanto la muscolatura che veniva lesa da una carenza di vitamina E. Negli uomini non si osservò alcuna riduzione di sintomi del genere sia nell'apparato genitale che nel sistema muscolare, nonostante i numerosi tentativi compiuti con detta vitamina in tutta una gamma di disturbi. Ci si domanda persino se questa vitamina sia effettivamente necessaria agli uomini. Tuttavia il nome originale aveva ipotizzato una funzione sessuale, e la combinazione delle idee di sesso e alimentazione, due delle più grandi preoccupazioni della mente umana, ha fatto di questa vitamina una delle aggiunte alimentari più in uso tra molti dei dietologi meno ortodossi.

Un altro approccio alla terapia vitaminica comporta l'impiego del cosiddetto metodo megavitaminico. I seguaci di questa scuola operano in base al principio generale che se un po' di qualcosa fa bene, una quantità maggiore deve fare meglio. I pericoli connessi a questa idea sono evidenti, ma fortunatamente la teoria può essere applicata in maniera abbastanza sicura nel caso delle vitamine, sebbene queste possano procurare sintomi tossici quando se ne assumano dosi eccessive. Le vitamine idrosolubili non si accumulano nell'organismo anche dopo massiccia assunzione perché il sovraccarico viene rapidamente eliminato dall'urina e non vengono così ritenute quantità potenzialmente tossiche. Nel caso delle vitamine liposolubili non avviene così, dato che quando vengono ingerite in eccesso il sovraccarico viene immagazzinato nel fegato; se ne possono ritenere quantità rilevanti, forse tossiche. Tuttavia, anche qui vi è un fattore di sicurezza, dato che la differenza tra le quantità normalmente ingerite e le quantità per cui cominciano a manifestarsi sintomi tossici è enorme. Comunque nella maggior parte dei casi non si tratta tanto della sicurezza nell'assumere grandi quantità ma piuttosto di quanto queste quantità siano terapeuticamente efficaci[6]. In molti paesi oggi si indicano ufficialmente le quantità consigliabili di vitamine da assumersi per conservare la buona salute. Queste raccomandazioni si basano sulle quantità necessarie per evitare sintomi di carenza più una piccola quantità extra per curare casi di estrema carenza. Di conseguenza, per la vitamina C, che è necessaria in maggiori quantità rispetto alla maggior parte delle altre vitamine, la razione giornaliera normalmente raccomandata è di 40-60 mg. I difensori della megaterapia in questo caso a volte prendono fino a 10 g. al giorno. Questo, dicono, per prevenire raffreddamenti e infezioni respiratorie. L'esponente principale di questa teoria è Linus Pauling, due volte Premio Nobel. Egli sostiene anche l'uso di grosse dosi di alcune vitamine B per attenuare certi tipi di malattie mentali[7]. È difficile essere sicuri dei risultati degli esami clinici di alcuni di questi disturbi, dal momento che entrano in gioco criteri molto soggettivi. Peraltro, la maggior parte degli studi non sono riusciti a dimostrare in maniera decisiva che la terapia megavitaminica sia tanto efficace come si asserisce. In ogni caso, si può certamente affermare che se tali grandi quantità di vitamine sono efficaci usate in questo modo, esse però non agiscono come vitamine, ma come farmaci, dato che le condizioni che si dice esse curino non possono essere dovute a carenze. Tali grandi quantità non vengono mai assunte in modo normale e continuo.

Si può anche sostenere con facilità la scoperta di una nuova vitamina, in precedenza sconosciuta alla scienza. Questo convincimento può derivare dal fatto che è senz'altro possibile che esista una sostanza necessaria in piccolissime quantità e così ampiamente distribuita da essere contenuta in quasi tutti i cibi. In effetti la vitamina B_{12} rimase per parecchio tempo non identificata proprio per questi motivi. Comunque, quando si asserisce di avere fatto una nuova sco-

perta, bisogna anche produrre prove convincenti, e fino a questo momento tali prove non sono state fornite per nessuna pretesa nuova vitamina.

Ancor più pericolosa è l'estensione dello status vitaminico ad una sostanza per la quale non vi è prova di attività vitaminica, ma che passando per un integratore essenziale della nutrizione sfugge alle conseguenze che ne deriverebbero se fosse conosciuta la sua vera natura.

Alcuni anni fa si asserì che era possible isolare dai semi di pesca e di albicocca un agente con effetto curativo per il cancro. La sostanza risultò essere il glicoside amigdalina, che da tempo si sapeva essere presente in questi semi e produrre per idrolisi, tra gli altri prodotti, acido cianidrico. Per questo motivo detti semi erano stati considerati velenosi. Ora si sosteneva che questo acido cianidrico aveva un'affinità specifica con le cellule del cancro e le distruggeva selettivamente[8]. Non è stata fornita alcuna prova scientifica a sostegno di tale affermazione, e benché l'uso di questo composto sia permesso in molti paesi, negli Stati Uniti ne è stata proibita l'importazione. Come molte altre cosiddette cure per il cancro, la sostanza, chiamata laetrile, ha trovato molti difensori, specialmente tra gli ammalati incurabili. Peraltro, dato che il farmaco non può essere venduto nel mercato potenzialmente ricco degli Stati Uniti, ora si sostiene che in effetti si tratta di un integratore della nutrizione, cioè di una vitamina piuttosto che di un farmaco. Viene chiamata vitamina B_{17}. Sebbene, come è stato sottolineato prima, la definizione di una vitamina sia molto flessibile, questa pare una estensione priva di ogni garanzia. Per prevenire sintomi di carenza, una vitamina deve essere presa regolarmente come parte della dieta, e fino a questo momento nessuno, ammalato di cancro o no, si è mantenuto in vita con un'alimentazione a base di semi di pesca e di albicocca. Un altro esempio dell'erroneo uso del concetto di vitamina è la teoria che i cibi 'naturali' siano in qualche modo migliori di quelli 'artificiali'. Questo in un certo senso è un rimettere in vigore la vecchia dottrina del vitalismo, di una forza misteriosa insita nella vita che la tiene distinta dalla materia inanimata. In effetti, le vitamine, sia sintetizzate in laboratorio che in industria, o isolate da una sostanza alimentare, sono prodotti chimici con struttura definita e proprietà fisiologiche definite. Acido ascorbico sintetico o vitamina C da fonti vegetali sono identici. Comunque, per il fatto che le vitamine vennero innanzi tutto ottenute da fonti vegetali, e che un'aria di mistero le circonda ancora all'occhio del pubblico, esse si adattano perfettamente alle teorie dei sostenitori degli alimenti naturali.

Da quanto detto sopra, risulta evidente che la gran confusione a proposito delle vitamine e l'erroneo uso del concetto nascono dal fatto che composti con un'ampia varietà di strutture e funzioni chimiche sono stati riuniti in un solo gruppo. Dal punto di vista della nutrizione, ciò è accettabile, giacché tutte le vitamine sono, come nel senso del vecchio termine, fattori accessori dell'alimentazione. Peraltro, via via che le loro funzioni biochimiche diventano più chiare, il chimico tende sempre di più a parlare di loro nei termini di queste funzioni: come coenzimi, fotorecettori e così via. Questa tendenza andrà aumentando, e il nome di vitamina finirà con lo scomparire prima o poi dalla letteratura scientifica, ma l'aura di mistero che circonda queste sostanze presso il pubblico non scomparirà altrettanto presto.

H. M. L.

Traduzione: B. Besi - Ispra

BIBLIOGRAFIA

1 Ejikman, C., *Virchows Archiv*, 1897, CXLVIII, 523-32.

2 Grijns, G., *Researches on Vitamins 1900-1921*, J. Noorduyn en Zoon N. V., 1935, 34-8.

3 Funk, C., *British Medical Journal*, 1912, 787-8.

4 Drummond, J. C., *Biochemical Journal*, 1920, XIV, 660.

5 Evans, J. C. e Bishop, K. S., *Science*, 1922, LVI, 650-1.

6 Levy, J. V. e Bach-y-Rita, P., *Vitamins, Their Use and Abuse*, New York, 1976.

7 Pauling, L., *Vitamin C and the Common Cold*, San Francisco, 1970.

8 Greenberg, D. M., *Western Journal of Medicine*, 1975, CXXII, 345-8.

Galileo's Philosophy of Science

Part II: A Case Study of Interdisciplinary Synthesis

MAURICE A. FINOCCHIARO
University of Nevada, Las Vegas

INTRODUCTION

In Part I of this paper[1] I focused attention on two problems about the nature of science: one was the question of the role of philosophical reflection, in the sense of concrete heuristic and epistemological self-awareness; the other was the problem of the role of judgment, in a sense of the term opposed to method. I argued that an analysis of Galileo's work could support the thesis that judgment and concrete philosophizing are very important in science, and that the best approach to studying Galileo for the purpose of exploring these problems would be to carry out a systematic and complete analysis of the philosophical content of the *Dialogue on the Two Chief World Systems*. In Part I this was done for the first two Days of the *Dialogue*; the third and fourth Days are analyzed below. Since the *scientific* content of these portions of Galileo's book pertains largely to astronomical topics, this is the proper occasion to discuss the sense in which Galileo's work constitutes an example of interdisciplinary synthesis.

It has been cogently argued by Stillman Drake[2] that one of the most significant and original aspects of Galileo's work is his combination of three fields — mathematics, physics, and astronomy — which previously had been combined at most in pairs. Drake himself likes simultaneously to attribute to Galileo an anti-philosophical attitude[3], but, even on Drake's own evidence, this attitude turns out to be one of opposition to abstract, metaphysical speculation[4]. Moreover, my analysis of the *Dialogue* shows that just as Galileo almost never engages in this kind of philosophizing, he constantly engages in concrete, methodological analysis. Hence, to Drakes' triad of disciplines we must add methodology[5]. This has the further advantage that it does justice to two facts which philosophers of science ought to take as data to explain, rather than difficulties to explain away, namely scientists' universal use of Galielo as a source of inspirations for methodological ideas, and their intuitive inability to see similarities between him and his medieval predecessors, which historians since Duhem have been fond of trying to establish. In the approach I am suggesting, one can say that all these alleged precursors were either abstract methodologists who make no scientific contributions, or students

of natural phenomena who lacked the proper methodological self-awareness. Only in Galileo do we find a significant combination of methodology with natural inquiries, so that his work represents a model synthesis of mathematics, physics, astronomy, *and* methodology.

PHILOSOPHICAL OUTLINE OF GALILEO'S 'DIALOGUE'

Pages[6]	*Philosophical Topic*
THIRD DAY	
299-337/276-309	Quantitative data and qualitative conclusions in astronomy
337-46/309-18	The reliability of astronomical measurements
346-9/318-21	Procedure *vs.* results, and Aristotle's authority
349-68/321-40	Simplicity, insight, and sense experience
368-72/340-5	Computational *vs.* philosophical astronomy
372-83/345-56	Logic *vs.* methodology in theoretical explanation
383-5/356-8	The Bible
385-99/358-71	Objectivity and the concept of size
399-406/371-9	*Ad hominem* arguments
406-9/379-83	The value of criticism
409-14/383-7	Theories and observations
414-16/387-9	The inexactness of astronomical instruments
416-25/389-99	The complexity of simplicity
425-31/399-405	Open-mindedness, intellectual cowardice, and curiosity
431-6/405-10	Causes: role discovery, and justification
436-41/410-15	Parts *vs.* wholes
FOURTH DAY	
442-5/416-9	Choosing the effect in a casual investigation
445-62/419-36	The artificial reproduction of cause and effect
462-70/436-44	Reasoning *ex suppositione*
470-1/444-5	Confessed ignorance and occult qualities
471-84/445-60	The method of concomitant variations
484-9/460-5	Searching *vs.* results: the supremacy of method

PHILOSOPHICAL ANALYSIS AND RECONSTRUCTION[7]

299-337: *Quantitative data and qualitative conclusions in astronomy*

Quantitative astronomical data are so problematic that at best they yield only qualitative conclusions. For example, consider the observational data available for the 1572 nova; when the distance is computed from the difference between the nova and the polar parallaxes due to the change in observer position, the data yield physically impossible distances in most cases and widely different distances in the rest. The physically impossible distances are those implied by negative parallax difference;

the other distances vary from 1/48 to at least 716 earth radii. This may lead one to reject all the data as unreliable, or else to correct them appropriately. The failure to do either was Chiaramonti's main mistake. One way to correct the observational data would be from the point of view of the qualitative question whether the nova is sublunary or superlunary; the observational data could be divided into those that yield sublunary distances and into those yielding superlunary distances; one could then try to make consistent the sublunary set of data on the one hand, and the superlunary set on the other, by changing the observational values. When this is done, the corrections needed to harmonize the superlunary data are very much smaller than those needed for the sublunary data, from which one might conclude that the nova was probably superlunary. Another way to correct the observational data would be from the point of view of the range of distance suggested by most observations; then only the data yielding impossible distances would be changed; since almost all of the data yield impossibly great distances and constitute a majority of the data, the great majority of the observational data may be said to suggest a superlunary distance.

337-46: *The reliability of astronomical measurements*

Quantitative astronomical data are not equally reliable; what's needed is a critical evaluation of the methods for collecting them. For example, the data concerning the elevations of the 1572 nova on positions off the meridian are practically worthless because such positions are much more difficult to measure than its meridian positions, whose measurements have been shown to be quantitatively worthless and usable only for qualitative conclusions. The most reliable data are from the measurements of distance between the nova and the pole or some neighboring star; such measurements are the simplest ones to make and neither the effects of refraction nor the use of the sextant present any real problem.

346-9: *Procedure vs. results, and Aristotle's authority*

Aristotle's authority is misused by the Peripatetics when they follow him in a specific conclusion he reached rather than in the manner whereby he arrived at it. The advantage of following his procedure is that one can apply it to a novel situation to reach novel conclusions when conditions have changed. For example, since Aristotle argues that the earth is at the center of the world because it is the center of celestial revolutions, it is reasonable to conclude that, if it could be shown that the sun and not the earth is at the center of celestial revolutions, then he would conclude that the sun and not the earth is at the center of the world; the novel situation here would be one where the available evidence made it more likely that the sun rather than the earth was at the center of celestial revolutions. In other words, the follower of the spirit of Aristotle, as opposed to the blind follower of his letter, should be able to see that the

proposition that the center of the world is the center of celestial revolutions is more basic than the proposition that the earth is the center of the world, and from this to prefer the former in cases of conflict.

349-68: *Simplicity, insight, and sense experience*

Insight is admirable, but the only reliable procedure is to take sense experience seriously and combine it with reason (F355-6, 363), that is, to infer truth from rational simplicty only where there is no disagreement with sense experience. For example, one cannot but marvel at the insight of Aristarchus and Copernicus who became convinced of the truth of the heliocentric system, because of its rational simplicity, despite the insuperable empirical difficulty that the planets did not show the necessary changes in size and shape (F355, 362-3, 367, 368); the Copernican attitude was insight rather than mere intellectualistic stubborness because the telesceope has nowadays made possible the observation of the necessary changes, which constitute direct evidence from sense experience of the truth of the heliocentric system. However, though admirable, Copernicus's *procedure* is not rationally justifiable because he was inferring truth from mere simplicity and disregarding clear empirical counterevidence (F354-368). Nevertheless, Copernicus's *conclusions* are the most probable ones *nowadays* (F349-354) when we can observe with the telescope phases in Venus and great changes in the apparent size of the planets.

368-72: *Computational vs. philosophical astronomy*

There are two distinct attitudes possible in astronomy, a merely computational attitude and a philosophical attitude. The merely computational astronomer tries to give the reasons for celestial appearances in terms of devices from which those appearances can be calculated, without worrying about the physical reality of these devices; the philosophical astronomer tries to give the reasons for celestial appearances only in terms of devices that can be physically real. Ptolemaic astronomy is a good example of merely computational astronomy; its physically questionable devices are: 1) circular motions which are uniform with respect not to the center but to a point off the center; 2) circular motions which are simultaneously from east to west and from west to east; 3) planetary motions which are retrograde; and 4) epicycles which are so large that they cross the orbits of other bodies. Copernican astronomy, on the other hand, is a good example of philosophical astronomy; its primary assumption is the physical reality of the earth's annual motion, which gives such a simple explanation of retrograde planetary motion that this alone would be conclusive to an unbiased mind.

372-83: *Logic vs. methodology in theoretical explanation*

Logically speaking, whenever certain observable facts are shown to follow from a theory, this does not constitute a conclusive argument for the

truth of the theory, unless one shows that there is no other way of explaining those facts (F377-80). Nevertheless, methodologically speaking, given two different theories each of which explains the relevant facts, the theory which has greater explanatory power and which is less *ad hoc* is the better and more probable one. For example, consider the intricate way in which sunspots can be observed to move across the solar disc, namely along curved and slanting paths whose curvature and slant are continuously changing in such a way that they curve downwards and slant upwards for half a year, they curve upwards and slant downwards for the other half a year, they are straight twice a year when the slant is greatest, and their slant is absent twice a year when their curvature is greatest. This motion of sunspots can be shown to follow very easily by assuming that the earth has the annual and the diurnal motion and that the sun rotates around an axis which is inclined to the plane of the ecliptic. The same observations can also be explained by assuming that, in addition to the diurnal and annual motions, and in addition to an axial rotation around an axis inclined on the ecliptic, the sun has a fourth motion, namely that its inclined axis of rotation itself rotates once a year around the axis of the ecliptic. Now aside from the obvious greater simplicity, the geokinetic theory has greater explanatory power insofar as it can explain the yearly period of the motion of sunspots, whereas there is no reason why this should be so in the geostatic theory (F382).

Moreover, and more importantly, the geostatic theory is completely *ad hoc* (F382); the sun's fourth motion is added merely out of the necessity of accounting for the observations under consideration. By contrast, the geokinetic theory not only does not have any such *ad hoc* element, but it made possible or at least facilitated Galileo's discovery of the relevant facts; the geokinetic theory is freed of an *ad hoc* character by the mere fact that the discovery of the full details of the motion of sunspots *could* have been made by predicting (F379) these on the basis of it (F372-80). The geokinetic theory is therefore better and more probable.

383-5: *The Bible*

It is in bad taste and disrespectful to inject Biblical references in a scientific discussion. That is what the author of the 'booklet of conclusions' does when he says that, according to the Copernicans, Christ *ascended* into hell and *descended* into heaven, and when Joshua ordered the sun to stand still it was the earth that stood still.

385-99: *Objectivity and the concept of size*

The concept of size is in some ways subjective and relative, but it is not teleologically anthropocentric.

Our ideas about the size of fixed stars are subjective in the sense of being dependent on our perception of apparent stellar diameters (F387-91); now, *under ordinary conditions* apparent stellar diameters are perceived much

greater than they are by factors ranging from 24 (F389) to more than one hundred (F388), due to the irradiation of the eye which makes us see them with a halo; it is possible, however, to reduce or eliminate this observational error by observing them with a telescope, or during the day, or with the help of a fine string behind which they can be made to hide. Moreover (F393-4), our ideas about *very large* sizes are unclear and confused in the sense that our imagination cannot distinguish between one such size and another; an example would be the size of the universe, as measured by stellar distances. Finally (F396), the concepts of 'large' and 'small' are relational in the sense that to say that something is large (or small) makes sense only relative to a reference class; hence, to say that the stellar sphere of the Copernican system is too large means that it is too large as compared to other celestial spheres; but this is not so because if we compare the Copernican stellar sphere to the lunar sphere, the ratio is much smaller than that obtained from a comparison of an elephant to an ant or of a whale to a gudgeon. Though the concept of size is subjective and relative in these ways, it is not, however, teleologically anthropocentric (F394-96, 397-98); that is, it is wrong to think that the size of things fulfills a purpose definable in terms of human interests; to think so would be as absurd and arrogant as it would be for a grape to think that, just because the sun acts on it in a way which is perfectly suited to cause its ripening, the sun exists and acts only for its benefit; hence it is wrong to argue that the universe cannot be as large as required in the Copernican system because the space between Saturn and the fixed stars would be superfluous and useless; this argument involves several nonsequiturs: to ground nonexistence on superfluousness, superfluousness on lack of purpose for man, and lack of purpose for man on ignorance of the purpose for man.

399-406: *Ad Hominem Arguments*

Ad hominem arguments must be used with care if they are to have a methodological function, in addition to their rhetorical one. That is, they are easily effective for the purpose of discrediting the person whose beliefs are used as premises, but such arguments are insufficient to resolve the issue of the factual truth of these beliefs (F399). For an *ad hominem* argument is one in which the arguer derives a conclusion not acceptable to an opponent from premises which are accepted by him (the opponent), but which may not be too well grounded; hence, such an argument does not establish its conclusion, but only that one cannot both accept the premises and deny the conclusion.

For example (F399-400), consider the Tychonic argument that if the earth has the annual motion, since there is no annual change in the stellar appearances, then the fixed stars are at such an immense distance from the earth that, in order to be visible as they are, their size must be of the order of planetary orbits. This argument is *ad hominem* against

Copernicus in the sense that the proposition that there is no annual change in stellar appearances, though accepted by him, has not been supported by evidence or argument. In fact, no one has tried to observe such changes in stellar appearances, or even inquired into exactly how stellar appearances should change; instead there are a lot of misconceptions about the matter. One misconception (F400-3) is that the elevation of the celestial pole should change, which is absurd because if the earth had the annual motion then the celestial pole would be defined by the terrestrial one, whose elevation can change only by moving on the earth's surface; Tycho himself (F400) seems to have made this error since, in discussing the matter, he claims that no change in polar elevation is in fact observed and fails to note that the point is misconceived. Another misconception (F403-4) is that the annual changes in the elevation of the fixed stars should be comparable to those resulting by moving on the earth's surface, which is wrong because the latter is highly curved, whereas the annual motion takes place on a plane. A third misconception (F405-6) is that the annual changes for fixed stars would be comparable to those observable in the sun, which though more difficult to clear up is also wrong, as it will be shown later (F406-16, and F416-23).

406-9: *The value of criticism*

It is advisable to test one's arguments and theories against the criticism of men of sound judgment and sharp intellect; for if they survive the criticism, we can have great confidence in their correctness (F408). For example, consider the argument that, for fixed stars lying in the plane of the ecliptic, the earth's annual motion would not cause an annual change in their apparent position, since their elevation relative to the ecliptic would stay constant regardless of how the earth moved in that plane. If one presents this argument to an intelligent person like Sagredo, his responses lead to the following qualifications. That is, the conclusions would be right if all fixed stars were equidistant from the center; but if their distances vary, as they probably do, then some changes should appear in the relative positions of those lying in the ecliptic plane.

409-14: *Theories and observations*

When one succeeds in detecting certain specific observational consequences of an hypothesis, and there is no other way to explain these observations, then one must accept the hypothesis; but when one fails to detect these consequences, and there is another way to explain this failure, then one need not reject the hypothesis (F413-14).

For example, the observational consequences of the earth's annual motion, as regards the appearance of the fixed stars, are the following (F409-12): annual changes in the apparent magnitude of the stars, the change being greatest for those in the plane of the ecliptic and decreasing to nothing for those near the pole of the ecliptic; annual changes in elevation

above the ecliptic, the change being greatest for stars near its pole and decreasing to nothing for those in its plane; differences in both these changes (in magnitude and in elevation) due to the distance of the stars, the changes being greater for nearer stars. Now, if one were able to detect these variations in stellar appearances, since there would be no way to explain them other than by the earth's annual motion, then we would have to conclude that the earth had this motion. But the fact that no such variations are generally known or have generally been observed does not force us to conclude that the earth lacks the annual motion, because such general ignorance is explicable by the fact that no one has searched for them seriously or systematically enough, or with the appropriate instruments, or with the necessary skill (F413-14). Even if we had seriously searched and failed to observe these variations, we still would not have to reject the earth's annual motion, since our failure could be explained by stellar distances so great, and hence changes so small, as to be undetectable with our available instruments (F413).

414-6: *The inexactness of astronomical instruments*

Available astronomical instruments cannot be trusted much for the observation of very small effects, such as stellar parallax, even though some instruments are better than others. In fact, it is common for astronomers to disagree by several minutes in the value they get for the elevation of fixed stars, and even of the pole, let alone for the comets or new stars. The fact that Tycho's instruments are the best does not mean that they are good enough for the very exact observations needed to observe annual parallaxes. What is needed is instruments whose sides are miles long, so that differences of seconds in celestial elevation correspond to distances of the order of *braccia* along the instrument. For this purpose one can use topographic features on the earth's surface such as mountains. An example of such an instrument to try to observe stellar parallaxes, would be to observe the changes in the way that a particular star would be hidden by a beam on top of a building, at the top of a mountain, when one carried out the observations from the valley below, at different times of the year.

416-25: *The complexity of simplicity*

The concept of simplicity is not simple; it has at least two aspects, mathematical and physical. For example, consider the Copernican explanation of the seasonal variations in solar elevations and in length of night and days (F416-22). Someone (Salviati, F422) may be impressed by the fact that this explanation uses two terrestrial motions which are 1) both in the same direction, namely west to east, and 2) performed in periods corresponding to their magnitudes. He may then (F422-3) contrast this to the fact that the geostatic explanation requires celestial motions which (1) violate the *symmetric* character of the relationship between

speeds and size of the thing moved, by having the very large highest sphere move at a very high diurnal speed, and the very much smaller planetary spheres move at a very much slower characteristic speed; (2) are performed in opposite directions; and (3) are performed against one's individual inclination, in the case of the participation by the planetary spheres in the diurnal motion. He may conclude (F423) from this that the Copernican explanation is superior in simplicity, and hence more probable. Another person (Sagredo, F423) may agree with the conclusion but give different reasons for the greater simplicity, namely its being more in accordance with the widely accepted philosophical principles that nature *a*) does not multiply entities without necessity, *b*) uses the simplest and easiest means in producing its effects, and *c*) does nothing in vain. A third person (Simplicio, F423) might object to the first person's concept of simplicity as being excessively mathematical in its stress on the correspondence between periods of revolution and magnitude of orbit, or symmetry between speed and size of body moved, which involve quantitative relationships. Instead he may be impressed (F424) by the fact that the geostatic explanation attributes a single natural motion to each simple body, whereas the Copernican explanation violates this principle; and from this he may conclude that the Copernican explanation is *inferior* in simplicity. The difference in their concepts of simplicity would remain even if it were shown to him that, in a sense, the Copernican explanation does not violate the principle that a simple body must have only one natural motion (F424-5), for the three or four terrestrial motions supposedly required can be reduced to one as follows: the straight-downwards motion of terrestrial bodies is a motion that belongs to the parts of the earth, not to the whole earth; the earth's diurnal and annual motions, since they are in the same direction, are two only in a special sense, a sense related to that in which a ball rolling down an inclined plane has two motions; and finally, Copernicus's « third motion » does not exist, the phenomenon is really a kind of rest.

425-31: *Open-mindedness, intellectual cowardice, and curiosity*

Curiosity and awareness of the infinitesimal extent of human knowledge tend to make one willing to pay attention to new ideas, whereas intellectual cowardice hampers open-mindedness (F426). For example, consider Gilbert's idea that the primary substance of the terrestrial globe is loadstone. Peripatetics have generally dismissed this idea as chimerical and insane, even though neither Aristotle nor anyone else has refuted it. Such dismissal is as cowardly as being afraid of one's shadow (F426-7). For it is easy to show that the idea is initially as plausible as other theories about the primary substance of the earth (F427-9). In particular, to think that this primary substance is earth in the sense of topsoil is implausible, since digging into the ground reveals hard substances like rocks, since weight and pressure would harden underground substances even if they

were like soil, and since this theory is probably the result of the linguistic accident that the word 'earth' denotes both the terrestrial globe and the substance of topsoil. Moreover, without actually repeating Gilbert's proof, a description of his procedure ought to be sufficient to awaken one's curiosity and take his idea seriously (F429) (which incidentally illustrates the fact that the *method* of arriving at an idea as well as its *content* may motivate the open-minded individual). Gilbert's procedure is to infer the nature of the substance from knowledge of its properties (F429-30) and may be compared to the following: suppose (F430) you were given samples of a large number of substances all covered by a cloth so that you could not see what they were; suppose further that your problem was to guess what the substances were; finally, suppose that one of these covered samples exhibited all the properties known to be present only in loadstones; then, clearly, you could infer that the sample in question was loadstone. Similarly, Gilbert reaches his conclusion (430-31) after finding that the earth shows all the properties of a loadstone: for example, a magnetic needle tilts from the horizontal as it is moved away from the equator; and the poles of a magnet behave as if they were in the presence of a bigger magnet, namely they have equal stength only at the equator, while its south pole is stronger in the northern hemisphere, and the north in the southern.

431-6: *Causes: role, discovery, and justification*

The development of a new field by the conception of new ideas, by the observation of new effects, and by the initial investigations of causes requires uncommon originality and so is much more admirable than the subsequent perfecting of the field; for example, Gilbert is to be envied for his magnetic philosophy (F432-3). Nevertheless, the explanation of the causes of puzzling and curious known effects is an obvious second step as well as one of the most intellectually rewarding activities (F432; F434, Sagredo); one such effect is the fact that an armatured loadstone can sustain much more weight (in some cases 80 times more) than without the armature. Now, in causal investigations, one thing to avoid is explaining by naming, for example, to explain magnetic phenomena in terms of the 'sympathy' between qualitatively similar substances; to do so would be like painting by giving verbal descriptions (F436). Another thing to avoid is excessive readiness to accept a causal explanation as conclusively proved; practice with mathematical demonstrations makes one less willing to do so (F432). Many of Gilbert's explanations show this excess (F432), whereas the explanation here to be given for the greater weights sustained by armatured loadstones is an example where the conclusiveness is greater than any other to be found in all magnetic philosophy (F434); it is, in fact, almost as great as the conclusiveness of mathematical demonstrations (F434, F435). What can give a causal explanation a certainty comparable to the mathematical one is the direct con-

firmation of the presence of the cause, after one has been lucky enough to think of it from a knowledge of the effect (F434-5, Salviati). A quasi-method to acquire this luck is to compare the effect to be explained with another significantly similar but appropriately different effect whose cause is known (or contextually unproblematic); then check whether an appropriate variation in the known cause is responsible for a corresponding variation in the effect equivalent to the difference between the two effects being compared; if not, check what new condition is present in the effect to be explained, which is not present in the effect whose cause is known; this new condition must be the cause we are looking for (F433). For example, let us compare the loadstone with the armature to the loadstone without the armature; let us check whether an increase in the force of the loadstone is responsible for the increase in the weight that the armatured loadstone can sustain; we find that this is not so, since the armatured loadstone does not act at a greater distance, and since it does not attract more strongly through an interposed paper or goldleaf; next we notice that the only variation introduced by the armature is the difference in the contacts with the sustained weights; so we conclude that this difference is the cause of the increase in the weight sustained with the armature (F433). This difference in contacts amounts to a greater contact area between iron and armature than between iron and loadstone, that is a greater number of lines of force (so to speak, « filamenti... che collegano i due ferri » (F434)) uniting the two surfaces. Fortunately, the actual presence of this cause can be confirmed by a number of facts and experiments (and this is what gives the explanation almost mathematical certainty): the texture of iron is much finer than that of loadstone (F433-4); loadstones contain many impurities, and one can observe that a needle is not attracted by them but slips onto the surrounding loadstone substance (F434); the sharp point of a needle is not attracted any more strongly by the armature than by the bare loadstone (F434); if you let a needle be suspended between a bare loadstone and a nail, with one end touching the loadstone and the other the nail, when you separate the two the needle will remain attached to the one which it was touching with its eye (F434); finally, if you take a loadstone and smoothen and polish it on one side, you will clearly see on the resulting surface many bright spots on a dark background, and you can observe that iron filings are not attracted to these spots but to the surrounding surface only (F435-6).

436-41: *Parts vs. wholes*

The principle that « the same is true of the whole as of the parts » is often misapplied and misunderstood (F440). Sometimes it is ignored when it should be applied. For example (F437-9), consider what Peripatetics are likely to say when confronted with the fact that loadstones have at least three natural motions. They would say that this does not refute the doctrine that a simple body like the earth cannot have the several natural

motions attributed to it in the Copernican system, because loadstones are not simple bodies; however, if loadstones are not simple, since they are parts of the earth, then the principle in question could be *properly* applied, and it would follow that the earth is not simple either, thus allowing it to have its Copernican motions without violation of the doctrine (of one natural motion per simple body). Moreover, they would try to account for the multiple motions of loadstones in terms of the different motions of their simple constituent parts; however, if these parts are elementary bodies, then their natural motions would presumably be straight (up or down), but unfortunately you cannot mix straight motions and get a circular motion for the result (and here too we would have a proper application of the principle being discussed); hence Peripatetics would be led to the absurd consequence of allowing celestial substances as component parts of loadstones.

Sometimes, the principle in question is applied when it shouldn't. For example, consider (F439-40) Gilbert's own assertion that if a small loadstone sphere were balanced properly and free to move, it would turn on its axis; however, there would be no reason for this to happen even on the assumption that the earth is a loadstone and has the diurnal motion, for such a spherical loadstone would be doing the same as the whole earth by turning around the center of the earth rather than around its own center; there would be a reason for it to happen only if the small sphere were prevented from turning around the center of the whole. Another example of a misapplication is (F440-1) Sacrobosco's argument that since small drops of water can be seen to arrange themselves in a round shape, that shows that the whole element water on the globe forms a sphere; by such reasoning one would have to conclude the absurdity that any body of water forms a sphere; whereas the relevant sense in which the same is true of the whole as of the parts concerns the tendency of water to form a sphere around the center of gravity of the whole (the earth's center).

442-5: *Choosing the effect in a causal investigation*

Knowledge of the effects is helpful and necessary for the investigation and discovery of causes, but such knowledge is always limited both in extent and realiability; hence the best way to proceed is to start from those features of the effects that are certain and principal, and to try to arrive at a cause which is primary and which would serve as a pointer for the direction to follow in extending and deepening our knowledge in a consistent manner (F443-4).

For example (F444-5), in the investigation of the cause of the tides, the principal and best known effects are the fact that the time interval between high and low tide is six hours, and the fact that the motion of the water is merely upwards and downwards in some places, merely eastwards and westwards in others, and a combination in still others. The primary cause that will be proposed is the motion of the earth (F445), to which the

necessary additions and articulation will later be made, by taking the fluid properties of water as secondary causes (F454-62), and by explaining the monthly and annual periods as due to variations in the earth's motion (F470-89).

445-62: *The artificial reproduction of cause and effect*

In causal investigation, a proposed cause should be rejected if it does not allow an artificial reproduction of the effect, and it should be accepted if such an artificial reproduction is possible (F447, 456, *cf.* 471-2). For example, the only cause of the tides that passes this test is the motion of the earth. The failure to pass this test is the real reason why one finds implausible the theories of lunar attraction, lunar heat, difference in water depth, and seabed caves; none of these conditions would produce up and down, or back and forth motion in only some places of a container of water (F447-9). On the other hand, by accelerating or retarding a container of water one can make the water rise and fall at its extremities, and move back and forth at the middle, as one can observe on boats that carry water (F450-1); and the motion of the earth would produce a daily acceleration and a daily retardation at every point, as the diurnal motion component of this point is respectively added to or subtracted from the annual motion component (F452-4); moreover, the various fluid properties of water, which can be investigated by means of artificial models (F456), are bound to act as secondary causes interacting with the primary one (F454-6), to produce the complexity of effects observable in the motion of sea water (F457-62), some of which effects are observable in artificial models (F457, F459).

462-70: *Reasoning ex suppositione*

Reasoning *ex suppositione* involves two steps: a known effect is explained by making a supposition, and then one takes the effect as evidence and confirmation for the supposition; such reasoning is pointless if the supposition is false, and invalid if there are in the context reasons to reject the supposition (F462). For example, consider the argument for the earth's motion based on the tides (F462, postil). This argument is *ex suppositione* in the above sense, and hence must be defended from any contextual objections to the supposition that the earth moves, which would render the argument invalid. One such objection (F363-4) is that if the earth's motion causes the tides then it would cause a perpetual westward wind, which however does not exist. The answer to this is twofold: first, the earth's motion could cause the tides without causing the perpetual wind because air unlike water does not have the propensity of retaining acquired motion, which is the property that makes water move back and forth when accelerated or retarded; second, prevailing westward winds do exist, especially in equatorial regions. Another objection (F467-8) would be that since prevailing westward winds do exist, and

since they could be explained as caused by the diurnal motion of the lunar orb, and since this explanation would be more economical and less innovating (F467) than a geokinetic explanation, therefore we ought to reject the earth's motion. The problem with this objection is that (F468-70) the prevailing winds could not be produced by the turning of the lunar orb since it is supposed to have a very smooth surface, and hence its motion could not be transmitted to the element fire; moreover, the turning of this element could not produce the turning of the denser element air. On the other hand (F465-6), these winds could be easily produced by the earth's diurnal motion, as the air lying over its larger smoother sections would be less easily carried along than that trapped closely among mountains, which would constitute a further reason favoring the supposition in question.

470-1: *Confessed ignorance and occult qualities*

The confession of ignorance is sometimes preferable to the claim to know, for such claims are sometimes a mere figment of the imagination (F470, F446) and the result of vanity or verbosity (F470). For example, it would be better to say that you don't know the cause of the tides, rather than explaining them in terms of attraction by occult qualities, which is intellectually repugnant (F470), or in terms of lunar or solar heat and light, which is empirically ridiculous and absurd (F470-1, F445-7).

471-84: *The method of concomitant variations*

Whenever there is a regular variation in the effect, there must be a corresponding variation in the cause (F471). Or to be more exact, whenever an effect varies in a regular way, it is best to explain this variation in terms of the same primary cause, by means of corresponding variations in it (F471-2), rather than in terms of a novel cause (F474), which would run the risk of being *ad hoc*. For example, consider the monthly and annual variations in the magnitude of the daily tides. It would be best to account for such monthly and annual periods in terms of variations in the accelerations and retardations that cause the diurnal period, namely variations in the speed of the earth's annual or diurnal motions or both (F471-4). Now, there are independent reasons to believe that the earth's annual motion would undergo monthly variations: the evidence comes from what may be regarded as a highly confirmed law of revolution, namely that whenever the cause of circular motion remains unchanged, such motion is slower along larger circles and faster along smaller ones (F474-8); for the earth-moon system would go around the sun in a circle whose effective radius would undergo monthly variations as a result of the moon being now in opposition and now in conjunction with the sun (F477-8). The fact that there is such *independent* evidence for variations in the earth's annual motion is more important than the fact there is no *direct* evidence for them from astronomical observations; for such a lack may be due to the

failure to search for the variations, or to their very small magnitude (F479-82); hence we are entitled to conclude that the monthly period of the tides is caused by these lunar variations in the earth's annual motion (F479). Regarding the annual period, the inclination of the earth's axis would cause annual variations in the effective speed of the diurnal motion of points on the surface of the earth, the effective speed being the speed projected on the plane of the ecliptic (F482-4). Hence, by the same principle, we may conclude that the annual period is caused by such annual variations in the earth's diurnal motion.

484-9: *Searching vs. results: the supremacy of method*

An idea may need refinement (F484-5), and yet it may be very valuable if it is essentially correct and points in the right direction (F485-6); conversely, a theory may be highly supported (F487), and yet it may be false (487-8), if it is possible for God to have created a world not in accordance with it (F488); this is so because the mental exercise required in the investigation is very valuable and probably the most important thing (F489). In other words, the important thing in natural philosophy is that the approach or method be right.

The geokinetic theory of the tides is a good example of this. It provides only a general account of the basic diurnal, monthly, and annual periods, and only a sketch of the complicated and somewhat irregular details, not all of which are well known anyway (F484-5); yet it represents a breakthrough, especially insofar as it suggests a mechanical approach (F485-6). It constitutes a very strong argument in favor of the earth's motion (F487), yet it could be mistaken (F487-8), because it is possible for God to cause the motion of tides in some other way.

M. A. F.

ACKNOWLEDGMENTS

The author gratefully acknowledges financial support from the National Science Foundation (U.S.A.), received on grant No. SOC 76-10220.

BIBLIOGRAPHY AND NOTES

1 *Scientia*, Vol. 112, I/IV, 1977.

2 S. DRAKE, *Galileo Studies*, University of Michigan Press, Ann Arbor, 1970, pp. 95-122.

3 See, for example, S. DRAKE, *Galileo Against the Philosophers*, Zeitlin & Ver Brugge, Los Angeles, 1976.

4 *Cf.* my forthcoming review of *Galileo Against the Philosophers*, to be published in *Isis*.

5 It should be obvious that the concept of methodology intended here is the general one pertaining to reflection upon the proper procedures for carrying out natural investigations, rather than the narrow concept properly criticized by Feyerabend, namely « the idea of a method that contains firm, unchanging, and absolutely binding principles for conducting the business of science » (*Against Method*, p. 23 [first sentence of Chapter 1]). Hence there is no contradiction in saying that a sound methodology might require that one be against method, and for judgment. One might call the narrow concept of method 'Baconian', and the general concept of methodology 'Crocean'; for the latter *cf.*, B. CROCE, *Teoria e storia della storiografia*, Laterza, Bari, 1966 (first edition 1917), pp. 140-153, and *Storia dell'età barocca in Italia*, Laterza, Bari, 1967 (first edition 1929), pp. 61-64.

6 Two sets of page numbers are provided: those before the slash refer to G. GALILEI, *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, vol. VII of *Opere*, Edizione Nazionale, edited by A. FAVARO, Barbera, Firenze, 1890-1909 and later editions; the numbers after the slash refer to G. GALILEI, *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems*, translated by S. DRAKE, University of California Press, Berkeley, 1953 and later editions.

7 The page references here are all to vol. VII of the Edizione Nazionale of GALILEO's *Opere*, both the references in the various subheadings, and those in parenthesis in the text. The latter numbers are preceded by an 'F', which is short for 'Favaro', as a reminder that the Edizione Nazionale is being referred to.

È STATO PUBBLICATO

INDEX GENERALIS 1907-1975

di

SCIENTIA

Rivista internazionale di sintesi scientifica

Presentato dal Prof. Giuseppe Montalenti dell'Istituto di Genetica, Facoltà di Scienze della Università di Roma.

L'Index Generalis consiste di un volume di 100 pagine. In esso sono catalogati oltre 3.500 contributi di scienziati di tutto il mondo pubblicati in Scientia durante 70 anni - una storia del pensiero scientifico in questo secolo fino ad oggi.

Le regole adottate per la produzione dell'Index sono indicate in una Legenda che precede l'opera.

L'elaborazione dei dati è stata attuata dal CNUCE, Istituto del CNR.

Prezzo del volume: Europa L. 2.500, altri Paesi $3.50

Per le richieste rivolgersi a:

SCIENTIA - Edizioni speciali - Via Guastalla 9 - 20122 Milano

La filosofia della scienza di Galileo

Parte II: Uno studio sulla sintesi interdisciplinare

MAURICE A. FINOCCHIARO
University of Nevada, Las Vegas

Nella Parte I di questo articolo[1] ho accentrato l'attenzione su due problemi intorno alla natura della scienza: il primo concerneva il ruolo della riflessione filosofica, intesa come concreta autoconsapevolezza euristica ed epistemologica; il secondo riguardava il ruolo del giudizio, inteso come il termine opposto al metodo. Ho dichiarato che una analisi dell'opera di Galileo si sarebbe rivelata favorevole alla tesi secondo cui il giudizio e il concreto filosofare sono molto importanti nella scienza, e che il miglior approccio allo studio di Galileo, per indagare su questi problemi, sarebbe stato un'analisi completa e sistematica del contenuto filosofico del *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*. Sempre nella Parte I ho analizzato i primi due 'Giorni' del *Dialogo*; il terzo e il quarto sono esaminati qui di seguito. Poiché il contenuto *scientifico* di queste parti del libro di Galileo riguarda essenzialmente argomenti astronomici, questa è l'occasione quindi per discutere in quale senso il lavoro di Galileo sia un esempio di sintesi interdisciplinare.

Stillman Drake[2] ha osservato in modo convincente che uno degli aspetti più originali e più significativi dell'opera di Galileo è il modo in cui egli ha combinato fra loro tre scienze — matematica, fisica, astronomia —, che fino allora erano state combinate, al massimo, due a due. Allo stesso tempo Drake attribuisce a Galileo un atteggiamento antifilosofico[3], ma, persino limitandosi alle prove addotte da Drake, questo atteggiamento si rivela come opposizione alla speculazione astratta, metafisica[4]. Inoltre, la mia analisi del *Dialogo* mostra che Galileo, così come non si impegna quasi mai in questo tipo di filosofare, si impegna costantemente in un'analisi concreta e metodologica. Quindi, alla triade di discipline indicata da Drake va aggiunta la metodologia[5]. E ciò ha il vantaggio di rendere giustizia a due fatti che i filosofi della scienza dovrebbero considerare come dati da spiegare, piuttosto che difficoltà da eliminare, e cioè il fatto che gli scienziati facciano universalmente ricorso a Galileo, come fonte di ispirazione per le idee metodologiche, e la loro incapacità intuitiva di scorgere le analogie esistenti fra Galileo e i suoi predecessori medioevali, alla cui scoperta si sono dedicati gli storici a partire da Duhem. Seguendo l'approccio da me suggerito si può affermare che questi presunti precursori erano metodologi astratti, che non hanno portato nessun contributo scientifico, oppure studiosi dei fenomeni naturali che mancavano della necessaria auto-consapevolezza metodologica. Solo in Galileo troviamo una significativa combinazione di metodologia e indagini naturali, per cui il suo lavoro rappresenta un modello di sintesi fra matematica, fisica, astronomia e metodologia.

PROFILO FILOSOFICO DEL 'DIALOGO' DI GALILEO

Pagine[6]	*Argomento filosofico*
TERZO GIORNO	
299-337/276-309	Dati quantitativi e conclusioni qualitative in astronomia

337-46/309-18	L'attendibilità delle misurazioni astronomiche
346-9/318-21	Il procedimento, i risultati e l'autorità di Aristotele
349-68/321-40	Semplicità, intuito ed esperienza sensibile
368-72/340-5	Astronomia computazionale e astronomia filosofica
372-83/345-56	Logica e metodologia nella spiegazione teorica
383-5/356-8	La Bibbia
385-99/358-71	L'oggettività e il concetto di dimensione
399-406/371-9	Gli argomenti *ad hominem*
406-9/379-83	Il valore della critica
409-14/383-7	Teorie e osservazioni
414-16/387-9	L'inesattezza degli strumenti astronomici
416-25/389-99	La complessità della semplicità
425-31/399-405	Larghezza di vedute, codardia intellettuale e curiosità
431-6/405-10	Cause: ruolo, scoperta e giustificazione
436-41/410-15	Le parti e il tutto
QUARTO GIORNO	
442-5/416-9	La scelta dell'effetto nelle indagini causali
445-62/419-36	La riproduzione artificiale di causa ed effetto
462-70/436-44	Ragionamento *ex suppositione*
470-1/444-5	Ignoranza confessa e qualità occulte
471-84/445-60	Il metodo delle variazioni concomitanti
484-9/460-5	L'indagare e i risultati: la supremazia del metodo

ANALISI E RICOSTRUZIONE FILOSOFICA[7]

299-337: *Dati quantitativi e conclusioni qualitative in astronomia*

I dati astronomici quantitativi sono talmente problematici che, al massimo, possono portare solo a conclusioni qualitative. Ad esempio, si considerino i dati delle osservazioni disponibili per la nova del 1572; quando la distanza viene calcolata in base alla differenza di parallasse fra la nova e il polo dovuta al cambiamento di posizione dell'osservatore, nella maggior parte dei casi i dati forniscono distanze fisicamente impossibili, nei rimanenti casi distanze estremamente diverse. Le distanze fisicamente impossibili sono quelle che derivano da una differenza negativa di parallasse; le altre hanno valori variabili da 1/48 ad almeno 716 volte il raggio terrestre. Ciò può indurre a rifiutare tutti i dati in quanto inattendibili, oppure a correggerli adeguatamente. L'incapacità di adottare una di queste due soluzioni è stato il principale errore di Chiaramonti. Un modo per correggere i dati potrebbe avere come punto di partenza la domanda qualitativa se la nova si trovi a una distanza sublunare o superlunare; i dati delle osservazioni potrebbero venire suddivisi a seconda che determinino distanze sublunari o superlunari; poi si potrebbe cercare di dare una coerenza all'insieme dei dati sublunari da un lato, e superlunari dall'altro, cambiando i valori delle osservazioni. Fatto ciò, le correzioni necessarie per armonizzare i dati superlunari saranno nettamente inferiori a quelle necessarie per i dati sublunari, per cui si potrebbe concludere che probabilmente la nova è superlunare. Un altro modo per correggere i dati dell'osservazione potrebbe basarsi sulla gamma di distanze suggerite dalla maggior parte delle osservazioni; in questo caso verrebbero cambiati solo i dati che forniscono distanze impossibili; poiché quasi tutti i dati indicano distanze di grandezza impossibile e costituiscono una maggioranza di dati, si può dire che la grande maggioranza dei dati dell'osservazione suggerisce una distanza superlunare.

337-46: *L'attendibilità delle misurazioni astronomiche*

I dati astronomici quantitativi non sono ugualmente attendibili; ciò che si richiede

è una valutazione critica dei metodi impiegati per raccoglierli. Ad esempio, i dati riguardanti le elevazioni della nova del 1572 rispetto a posizioni esterne al meridiano sono praticamente privi di valore poiché tali posizioni sono più difficilmente misurabili di quelle sul meridiano, le cui misurazioni si sono dimostrate quantitativamente prive di valore e utilizzabili solo per conclusioni qualitative. I dati più attendibili sono le misurazioni della distanza fra la nova e il polo o qualche stella vicina; queste misurazioni sono le più semplici da eseguire e né gli effetti della rifrazione, né l'uso del sestante rappresentano un vero problema.

346-9: *Il procedimento, i risultati e l'autorità di Aristotele*

I peripatetici fanno cattivo uso dell'autorità aristotelica quando adottano una conclusione specifica di Aristotele piuttosto che il procedimento da lui seguito per giungere a tale conclusione. Il vantaggio di seguire il suo procedimento è che lo si può applicare ad una nuova situazione per giungere a nuove conclusioni qualora siano cambiate le condizioni. Ad esempio, poiché Aristotele sostiene che la terra si trova al centro dell'universo in quanto essa è il centro delle rivoluzioni celesti, è ragionevole presumere che, qualora venisse dimostrato che il centro delle rivoluzioni celesti è il sole e non la terra, egli ne trarrebbe la conclusione che è il sole e non la terra ad essere il centro dell'universo; in questo caso la nuova situazione sarebbe quella in cui i nuovi dati disponibili renderebbero più probabile che fosse il sole, piuttosto che la terra, ad essere il centro delle rivoluzioni celesti. In altri termini, il seguace dello spirito di Aristotele, a differenza di chi crede ciecamente alle sue affermazioni, dovrebbe essere in grado di capire che la proposizione secondo cui il centro dell'universo è il centro delle rivoluzioni celesti è più essenziale di quella secondo cui la terra è il centro dell'universo, e quindi dovrebbe preferire la prima in casi di conflitto.

349-68: *Semplicità, intuito ed esperienza sensibile*

L'intuito è ammirevole, ma il solo procedimento sicuro consiste nel considerare seriamente l'esperienza sensibile e nel combinarla con la ragione (F355-6, 363) cioè nel dedurre la verità dalla semplicità razionale solo quando non vi è nessun disaccordo con l'esperienza sensibile. Ad esempio, non ci si può che meravigliare di fronte all'intuito di Aristarco e di Copernico che si convinsero della verità del sistema eliocentrico a causa della sua semplicità dal punto di vista razionale e nonostante l'insormontabile difficoltà empirica dovuta al fatto che i pianeti non mostravano i necessari cambiamenti di dimensioni e di forma (F355, 362-3, 367, 368); l'atteggiamento di Copernico era basato sull'intuito piuttosto che sulla semplice ostinazione razionalista poiché attualmente il telescopio ha reso possibile l'osservazione di quei necessari cambiamenti che sono la prova diretta, basata sull'esperienza sensibile della verità del sistema eliocentrico. Tuttavia, per quanto ammirevole, il *procedimento* di Copernico non è giustificabile dal punto di vista razionale, poiché egli aveva dedotto la verità dalla sola semplicità e non aveva preso in considerazione le evidenti controprove empiriche (F354-368). Ciononostante, le *conclusioni* di Copernico sono le più probabili *oggi* (F349-354) per noi che possiamo osservare con il telescopio le fasi di Venere e i grandi cambiamenti nelle dimensioni apparenti dei pianeti.

368-72: *Astronomia computazionale e astronomia filosofica*

In astronomia vi sono due distinti atteggiamenti possibili, un atteggiamento puramente computazionale e un atteggiamento filosofico. L'astronomo puramente computazionale cerca di dar ragione dei fenomeni celesti apparenti in termini di strumenti per mezzo dei quali tali fenomeni possano essere calcolati, senza preoccuparsi della realtà fisica di quegli strumenti; l'astronomo filosofico cerca di dar ragione dei fenomeni

celesti apparenti unicamente in termini di strumenti che possano essere fisicamente reali. L'astronomia tolemaica è un valido esempio di astronomia puramente computazionale; i suoi strumenti, discutibili dal punto di vista fisico, sono: 1) moti circolari uniformi non rispetto al centro, ma rispetto ad un punto distinto dal centro; 2) moti circolari che si svolgono contemporaneamente da est a ovest e da ovest a est; 3) moti planetari retrogradi; e 4) epicicli tanto grandi da incrociare le orbite di altri corpi. L'astronomia copernicana, invece, è un valido esempio di astronomia filosofica; il suo assunto fondamentale è la realtà fisica del moto annuale della terra, che dà del moto planetario retrogrado una spiegazione così semplice, da poter essere considerata di per sé conclusiva da parte di un intelletto senza pregiudizi.

372-83: *Logica e metodologia nella spiegazione teorica*

Logicamente parlando, ogni qual volta si dimostri che certi fatti osservabili conseguono da una teoria, ciò non costituisce un argomento decisivo a favore della verità della teoria, a meno che non si dimostri che non esiste altro modo per spiegare i fatti in questione (F377-80). Cionondimeno, metodologicamente parlando, date due diverse teorie che spiegano entrambe certi fatti rilevanti, la teoria dotata di maggior potere esplicativo, e la cui formulazione è meno *ad hoc*, è la migliore e la più probabile. Per esempio, si considerino le modalità complicate con cui ha luogo il movimento osservabile delle macchie solari sul disco del sole, cioè lungo percorsi curvi e inclinati la cui curvatura e inclinazione cambiano continuamente, così che essi curvano verso il basso e si inclinano verso l'alto per metà dell'anno, curvano verso l'alto e si inclinano verso il basso per l'altra metà dell'anno, seguono una linea diritta due volte all'anno quando l'inclinazione è massima, e non presentano inclinazione due volte all'anno quando la curvatura è massima. Si può dimostrare molto facilmente che questo moto delle macchie solari consegue dall'assunto che la terra possiede il moto annuale e diurno, e che il sole ruota attorno ad un asse inclinato rispetto al piano dell'eclittica. Le medesime osservazioni si possono spiegare anche supponendo che, oltre al moto diurno e annuale, e oltre ad una rotazione assiale intorno ad un asse inclinato sull'eclittica, il sole abbia un quarto tipo di moto, cioè che il suo asse inclinato di rotazione ruoti esso stesso una volta all'anno intorno all'asse dell'eclittica. Ora, a parte l'evidente maggiore semplicità, la teoria geocinetica possiede un più grande potere esplicativo in quanto riesce a spiegare il periodo annuale del moto delle macchie solari, mentre non vi è nulla che spieghi questo fatto nella teoria geostatica (F382).

Inoltre, cosa ancor più importante, la teoria geostatica è completamente *ad hoc* (F382); il quarto moto del sole viene aggiunto esclusivamente per la necessità di render conto delle osservazioni considerate. Al contrario, la teoria geocinetica non solo non possiede alcun elemento *ad hoc*, ma ha reso possibile, o almeno ha facilitato, la scoperta dei fatti rilevanti da parte di Galileo; la teoria geocinetica viene liberata di ogni carattere *ad hoc* dalla semplice circostanza che la scoperta dei dettagli completi del moto delle macchie solari *sarebbe potuta* derivare dalla predizione (F379) di tali dettagli sulla base della teoria in questione (F372-80). La teoria geocinetica è quindi migliore e più probabile.

383-5: *La Bibbia*

È segno di cattivo gusto e di mancanza di rispetto introdurre riferimenti biblici in una discussione scientifica. Questo è ciò che fa l'autore del 'libretto di conclusioni' quando dice che, secondo i copernicani, Cristo *salì* all'inferno e *discese* in cielo, e quando Giosué ordinò al sole di fermarsi fu la terra a fermarsi.

385-99: *L'oggettività e il concetto di dimensione*

Il concetto di dimensione è per certi versi

soggettivo e relativo, ma non è teleologicamente antropocentrico.
Le nostre idee sulla dimensione delle stelle fisse sono soggettive nel senso che sono dipendenti dalla nostra percezione dei diametri apparenti delle stelle (F387-91); ora, *in condizioni normali* i diametri apparenti delle stelle, così come vengono percepiti, sono molto maggiori di quelli reali, e precisamente li superano di un fattore che va da 24 (F389) a più di cento (F388), a causa dell'irraggiamento dell'occhio che ce li fa vedere circondati da un alone; è possibile tuttavia eliminare quest'errore di osservazione guardando le stelle con un telescopio, o durante il giorno, o con l'aiuto di una striscia sottile che possa coprirle esattamente. Inoltre (F393-4), le nostre idee riguardanti dimensioni *molto grandi* sono vaghe e confuse nel senso che la nostra immaginazione non riesce a distinguerle l'una dall'altra; un esempio di ciò potrebbe essere la dimensione dell'universo, misurata in base alle distanze stellari. Infine (F396), i concetti di 'grande' e 'piccolo' sono relazionali, in quanto dire che qualcosa è grande (o piccola) ha senso solo relativamente ad una classe di riferimento; quindi, dire che la sfera stellare del sistema copernicano è troppo grande significa che essa è troppo grande in confronto ad altre sfere celesti; ma questo non è vero, poiché se confrontiamo la sfera stellare copernicana con la sfera lunare, vediamo che il loro rapporto è molto minore di quello che risulta dal confronto tra un elefante e una formica, o fra una balena e un pesciolino. Sebbene il concetto di dimensione sia soggettivo e relativo nel senso appena descritto, esso non è però teleologicamente antropocentrico (F394-96, 397-98); ossia, è errato pensare che la dimensione delle cose risponda ad un fine definibile in termini di interessi umani; pensare ciò sarebbe assurdo e arrogante, quanto lo sarebbe per un grappolo d'uva pensare che, poiché il sole agisce su di esso in modo perfettamente idoneo a produrne la maturazione, il sole esista ed agisca esclusivamente a suo beneficio; è quindi sbagliato argomentare che l'universo non può essere grande come richiede il sistema copernicano perché in tal caso lo spazio fra Saturno e le stelle fisse sarebbe superfluo e inutile; quest'argomento comporta diverse inconseguenze: il fondare la non esistenza sulla superfluità, la superfluità sulla mancanza di scopo per l'uomo, e la mancanza di scopo per l'uomo sull'ignoranza dello scopo per l'uomo.

399-406: *Gli argomenti ad hominem*

Gli argomenti *ad hominem* devono essere utilizzati con precauzione, se si vuole che abbiano una funzione metodologica, oltre a quella retorica. Cioè, essi sono facilmente efficaci se ci si propone di screditare la persona le cui credenze vengono usate come premesse, ma sono insufficienti a risolvere la questione della verità di fatto di tali credenze (F399). Infatti un argomento *ad hominem* è quello in cui l'argomentatore trae, da premesse accettate da un oppositore, ma che potrebbero non essere troppo ben fondate, conclusioni inaccettabili per l'oppositore stesso; un argomento del genere, quindi, non stabilisce una propria conclusione, ma stabilisce soltanto che una persona non può accettare le premesse e negare la conclusione.
Per esempio (F399-400), si consideri l'argomento di Tycho Brahe secondo cui, se la terra possiede il moto annuale, dato che non vi è alcun mutamento annuale nell'aspetto delle stelle, allora le stelle fisse sono ad una distanza talmente immensa dalla terra che, per risultare visibili come sono, la loro dimensione deve essere dell'ordine delle orbite planetarie. Quest'argomento funziona *ad hominem* contro Copernico, nel senso che la proposizione secondo la quale non vi è alcun mutamento annuale nell'aspetto delle stelle, sebbene da lui accettata, non è stata suffragata da prove o argomenti. In effetti nessuno ha tentato di osservare tali cambiamenti nell'aspetto delle stelle, né si è chiesto in che modo, esattamente, l'aspetto delle stelle dovrebbe mutare; al contrario, in questo campo vi sono moltissime concezioni errate. Una di queste concezioni errate (F400-3) è quella per cui

l'elevazione del polo celeste dovrebbe cambiare, il che è assurdo, poiché se la terra avesse il moto annuale, allora il polo celeste sarebbe definito da quello terrestre, la cui elevazione può cambiare solo muovendosi sulla superficie della terra; Tycho stesso (F400) sembra sia incorso in questo errore poiché, discutendo il problema, egli afferma che non si osserva in effetti alcun cambiamento dell'elevazione polare, e trascura di rilevare che la questione è malposta. Un'altra concezione errata è quella per cui (F403-4) i cambiamenti annuali dell'elevazione delle stelle fisse dovrebbero essere paragonabili a quelli che si osservano muovendosi sulla superficie della terra, il che è sbagliato perché quest'ultima è accentuatamente curva, mentre il moto annuale si svolge su di un piano. Una terza concezione errata (F405-6) è quella per cui i mutamenti annuali delle stelle fisse sarebbero paragonabili a quelli che si osservano per il sole; il che, per quanto più difficile da chiarire, è ugualmente sbagliato, come si dimostrerà in seguito (F406-16 e F416-23).

406-9: *Il valore della critica*

È consigliabile verificare la validità dei propri argomenti e delle proprie teorie al vaglio della critica esercitata da uomini di saldo giudizio e di acuto intelletto; poiché se le teorie sopravvivono alla critica, possiamo nutrire grande fiducia nella loro esattezza (F408). Consideriamo ad esempio l'argomento secondo cui, per le stelle fisse che giacciono sul piano dell'eclittica, il moto annuale della terra non causerebbe un cambiamento annuale della loro posizione apparente, dato che la loro elevazione relativa sull'eclittica rimarrebbe costante, prescindendo da come la terra si è mossa su quel piano. Presentando questo argomento ad una persona intelligente come Sagredo, le sue risposte porteranno a stabilire quanto segue: la conclusione sarebbe giusta se tutte le stelle fisse fossero equidistanti dal centro; ma se le loro distanze variano, come probabilmente avviene, allora dovranno manifestarsi alcuni cambiamenti nella posizione relativa di quelle che giacciono sul piano dell'eclittica.

409-14: *Teorie e osservazioni*

Quando mediante l'osservazione si riescono ad individuare certe conseguenze specifiche di un'ipotesi, e non c'è altro modo per spiegare tali osservazioni, allora bisogna accettare l'ipotesi; ma quando non si riesce ad individuare tali conseguenze, e vi è un altro modo per spiegarne la mancata individuazione, allora non è necessario rigettare l'ipotesi (F413-14).
Per esempio, le osservazioni che dovrebbero conseguire dal moto annuale della terra, per quanto riguarda l'aspetto delle stelle fisse, sono le seguenti (F409-12): cambiamenti annuali della magnitudine apparente delle stelle, di entità massima per quelle situate sul piano dell'eclittica e progressivamente decrescente, fino ad annullarsi, per quelle vicine al polo dell'eclittica; cambiamenti annuali dell'elevazione sull'eclittica, di entità massima per le stelle vicine al suo polo e progressivamente decrescente, fino ad annullarsi, per quelle situate sul suo piano; differenze, in entrambi questi cambiamenti (magnitudine ed elevazione), dovute alla distanza delle stelle, ossia cambiamenti di entità maggiore per le stelle più vicine. Ora, se si riuscisse a scoprire queste variazioni nell'aspetto delle stelle, non essendovi altro argomento per spiegarle se non quello del moto annuale della terra, dovremmo concludere che la terra possiede effettivamente tale moto. Ma il fatto che simili variazioni siano generalmente ignote, o non siano state generalmente osservate, non ci obbliga a concludere che la terra è priva del moto annuale, poiché tale generale ignoranza è spiegabile con il fatto che nessuno ha cercato di individuare quelle variazioni abbastanza seriamente o sistematicamente, o con gli strumenti appropriati, o con la necessaria abilità (F413-14). E anche se avessimo seriamente indagato, senza riuscire ad osservare tali variazioni, non saremmo ancora obbligati a respingere l'idea del moto annuale della terra, poiché la mancata scoperta po-

trebbe essere spiegata da distanze stellari così grandi, e quindi da cambiamenti così piccoli, da risultare indiscernibili con gli strumenti a nostra disposizione (F413).

414-6: *L'inesattezza degli strumenti astronomici*

Per quanto riguarda l'osservazione di effetti di entità molto ridotta, come la parallasse stellare, non si può fare molto affidamento sugli strumenti astronomici disponibili, sebbene alcuni di essi siano migliori di altri. In effetti, succede comunemente che tra i valori osservati dagli astronomi vi siano discordanze di parecchi minuti nell'elevazione delle stelle fisse, e persino del polo, senza parlare delle comete o delle nuove stelle. Il fatto che gli strumenti di Tycho siano i migliori non significa che essi siano sufficienti per compiere quelle esattissime osservazioni che sono necessarie per determinare la parallassi annuali. Allo scopo si dovrebbe infatti poter disporre di strumenti di alcune miglia di lato, in modo che le differenze dell'ordine dei secondi nell'elevazione celeste corrispondano, sullo strumento, a distanze dell'ordine di *braccia*. A questo scopo si possono utilizzare riferimenti topografici sulla superficie terrestre, ad esempio montagne. Un esempio dell'uso di uno strumento di questo genere, nell'osservazione delle parallassi stellari, sarebbe costituito dall'osservare i cambiamenti del modo in cui una certa stella viene nascosta da una trave posta in cima ad un edificio situato sulla vetta di un monte, effettuando le osservazioni dalla valle sottostante in periodi diversi dell'anno.

416-25: *La complessità della semplicità*

Il concetto di semplicità non è un concetto semplice; esso presenta almeno due aspetti, uno matematico e uno fisico. Consideriamo per esempio la spiegazione copernicana delle variazioni stagionali dell'elevazione solare e della durata della notte e del dì (F416-22). Qualcuno (Salviati, F422) può restare colpito dal fatto che questa spiegazione si serve di due moti terrestri che (1) avvengono ambedue nella stessa direzione, cioè da ovest a est, e che (2) si svolgono in periodi la cui durata corrisponde alla rispettiva ampiezza. Egli potrà allora (F422-3) contrapporre ciò al fatto che la spiegazione geostatica richiede moti celesti i quali (1) violano il carattere *simmetrico* della relazione fra velocità e dimensioni delle cose in movimento, facendo muovere la sfera più alta, molto grande, ad una velocità diurna molto elevata, e le sfere planetarie, molto più piccole, ad una velocità caratteristica di gran lunga più bassa; (2) avvengono in direzioni opposte; e (3) si svolgono contro la propria particolare inclinazione, nel caso della partecipazione delle sfere planetarie al moto diurno. Egli potrà concludere (F423) da tutto ciò che la spiegazione copernicana è superiore per semplicità, e quindi più probabile. Un'altra persona (Sagredo, F423) potrà concordare con questa conclusione, attribuendo però la maggiore semplicità a ragioni diverse, e cioè al fatto che questa spiegazione è più conforme ai principi filosofici ampiamente accettati, secondo i quali la natura *a*) non moltiplica le entità senza necessità, *b*) produce i suoi effetti servendosi dei mezzi più semplici e più facili, e *c*) non fa nulla invano. Una terza persona (Simplicio, F423) potrebbe obbiettare che il concetto di semplicità adottato dalla prima persona è eccessivamente matematico, poiché accentua la corrispondenza fra periodo di rivoluzione ed ampiezza dell'orbita, oppure la simmetria fra velocità e dimensioni di un corpo in movimento, che implicano rapporti quantitativi. Questa terza persona potrebbe essere invece colpita (F424) dal fatto che la spiegazione geostatica attribuisce un unico moto naturale a ciascun corpo semplice, mentre la spiegazione copernicana viola questo principio; e potrebbe concludere da ciò che la spiegazione copernicana è *inferiore* in semplicità. La differenza dei loro concetti di semplicità perdurerebbe anche qualora gli venisse dimostrato che, in un certo senso, la spiegazione di Copernico non viola il principio che un corpo semplice debba avere un solo moto naturale (F424-5), poiché i

tre o quattro moti terrestri, presunti necessari, possono essere ridotti ad uno nel seguente modo: il moto rettilineo verso il basso dei corpi terrestri è un moto che appartiene alle parti della terra, e non alla terra intera; i moti diurno e annuale della terra, avendo la stessa direzione, sono due solo in un senso speciale, paragonabile al senso in cui una palla che rotola all'ingiù lungo un piano inclinato ha due moti; e infine, il 'terzo moto' di Copernico non esiste, tale fenomeno in realtà è una specie di riposo.

425-31: *Larghezza di vedute, codardia intellettuale e curiosità*

La curiosità e la consapevolezza dell'estensione infinitesima delle conoscenze umane tendono ad aumentare l'interesse per le nuove idee, mentre la codardia intellettuale impedisce la larghezza di vedute (F426). Si consideri, ad esempio, l'idea di Gilbert secondo cui la sostanza primaria del globo terrestre è la calamita. Generalmente i peripatetici hanno rifiutato questa idea come impossibile e insensata, sebbene né Aristotele, né nessun altro, l'abbia confutata. Questo rifiuto è altrettanto codardo dell'aver paura della propria ombra (F426-7), poiché è facile dimostrare che quest'idea, inizialmente, è altrettanto plausibile delle altre teorie riguardanti la sostanza primaria della terra (F427-9). In particolare, pensare che questa sostanza primaria sia la terra, intesa come suolo terrestre, non è plausibile poiché: scavando il terreno si incontrano sostanze dure, come le rocce; il peso e la pressione indurirebbero i materiali sotterranei anche qualora fossero simili a quelli della superficie; questa teoria probabilmente deriva dall'incidente linguistico per cui il termine 'terra' definisce sia il globo terrestre che il materiale del suolo terrestre. Inoltre, senza ripetere realmente la prova di Gilbert, una descrizione del suo procedimento dovrebbe essere sufficiente a risvegliare la curiosità e a far prendere in seria considerazione la sua idea (F429) (dimostrando incidentalmente che il *metodo* con cui si giunge a una idea, analogamente al suo *contenuto*, può motivare l'individuo intellettualmente aperto). Il procedimento di Gilbert consiste nel dedurre la natura della sostanza primaria dalla conoscenza delle sue proprietà (F429-30), e può essere paragonato al procedimento che segue: immaginate (F430) che vi vengano dati campioni di numerose sostanze, tutti coperti da un telo in modo che non possiate vedere di cosa si tratti; immaginate che il vostro problema sia di indovinare la natura di tali sostanze; e, infine, immaginate che uno dei campioni coperti riveli tutte le caratteristiche note per essere esclusive della calamita; allora, evidentemente, giungereste alla conclusione che quel campione è di calamita. Analogamente Gilbert giunge alla sua conclusione (430-31) dopo aver osservato che la terra ha tutte le proprietà della calamita: ad esempio, un ago magnetico si sposta dalla posizione orizzontale quando viene allontanato dall'equatore; e i poli di un magnete si comportano come se fossero in presenza di un magnete più grande, e cioè hanno la stessa forza solo all'equatore, mentre nell'emisfero settentrionale è più forte il polo sud, in quello meridionale il polo nord.

431-6: *Cause: ruolo, scoperta e giustificazione*

Lo sviluppo di un nuovo campo grazie alla concezione di nuove idee, all'osservazione di nuovi effetti, e alle indagini iniziali delle cause, richiede un'insolita originalità ed è molto più ammirevole del successivo perfezionamento di quel campo; ad esempio, Gilbert va invidiato per la sua filosofia magnetica (F432-3). Tuttavia, la spiegazione delle cause di effetti noti, curiosi e sconcertanti, è ovviamente il passo successivo oltre ad essere una delle attività intellettualmente più soddisfacenti (F432; F434, Sagredo); uno di questi effetti è il fatto che una calamita provvista di armatura possa sostenere un peso decisamente superiore (in alcuni casi 80 volte più grande) rispetto alla stessa calamita senza armatura. Ora, nelle indagini causali, fra le cose da evitare vi sono le spiegazioni puramente

nominali, ad esempio, il voler spiegare i fenomeni magnetici in termini di 'simpatia' fra sostanze qualitativamente simili; fare ciò equivarrebbe a dipingere utilizzando descrizioni verbali (F436). Un'altra cosa da evitare è l'eccessiva prontezza ad accettare una spiegazione causale come se fosse definitivamente provata; la familiarità con le dimostrazioni matematiche rende meno inclini a questo comportamento (F432). Molte spiegazioni di Gilbert rivelano questo eccesso (F432), mentre in questo caso la spiegazione da dare per i maggiori pesi sostenuti da calamite rinforzate da armature è un esempio di prova conclusiva superiore a tutte le altre note per la filosofia magnetica (F434); infatti è quasi altrettanto conclusiva di una dimostrazione matematica (F434, F435). Ciò che può attribuire a una spiegazione causale una certezza paragonabile a quella matematica è la conferma diretta della presenza della causa, quando si sia avuta abbastanza fortuna da pensare ad essa in base alla conoscenza dell'effetto (F434-5, Salviati). Per acquisire questa fortuna vi è quasi un metodo, consistente nel confrontare l'effetto da spiegare con un altro effetto, significativamente simile ma adeguatamente diverso, la cui causa sia conosciuta (o contestualmente non problematica); a questo punto bisogna verificare se una appropriata variazione della causa già nota induce una corrispondente variazione nell'effetto, equivalente alla differenza esistente fra i due effetti confrontati; se non è così, si controlli quale nuova condizione sia presente nell'effetto da spiegare e non in quello la cui causa è nota; questa nuova condizione deve essere la causa che stiamo cercando (F433). Ad esempio, confrontiamo la calamita con armatura con quella senza armatura; controlliamo se un aumento della forza della calamita è responsabile dell'aumento di peso che la calamita con armatura può sostenere; scopriremo che non è così, in quanto la calamita con armatura non ha un maggior raggio d'azione, né esercita una maggiore attrazione attraverso un foglio interposto di carta o d'oro; noteremo allora che l'unica variazione derivante dall'armatura è la differenza nei contatti con i pesi sostenuti; concluderemo quindi che questa differenza è la causa del maggior peso sostenuto dalla calamita con armatura (F433). Questa differenza nei contatti si concretizza in una più estesa area di contatto fra il ferro e l'armatura che non fra il ferro e la calamita, cioè in un aumento delle linee di forza (per così dire, « filamenti ... che collegano i due ferri» (F434)) che uniscono le due superfici. Fortunatamente la presenza reale di questa causa può essere confermata da numerosi fatti ed esperimenti (ed è proprio ciò a conferire una certezza quasi matematica alla spiegazione): la struttura del ferro è molto più fine di quella della calamita (F433-4); le calamite contengono molte impurità, e si può osservare che un ago non è attratto da esse ma scivola nella materia che circonda la calamita (F434); la punta acuminata di un ago non è attratta in misura maggiore da una calamita con armatura rispetto a una senza (F434); se si sospende un ago fra una calamita priva di armatura e un chiodo, facendo toccare ad un'estremità dell'ago la calamita, all'altra il chiodo, quando si allontanano fra loro la calamita e il chiodo, l'ago resterà attaccato a ciò con cui era in contatto mediante la cruna (F434); infine, se si prende una calamita e se ne leviga e lucida un lato, sulla superficie trattata appariranno chiaramente molte chiazze lucide su fondo scuro, e si vedrà che i filamenti di ferro non sono attratti da queste macchie ma esclusivamente dalla superficie circostante (F 435-6).

436-41: *Le parti e il tutto*

Il principio secondo cui « ciò che è vero per le parti è vero per il tutto » spesso viene applicato erroneamente e frainteso (F440). A volte viene ignorato quando dovrebbe essere applicato. Ad esempio (F437-9), si consideri ciò che direbbero probabilmente i peripatetici di fronte al fatto che le calamite hanno almeno tre moti naturali. Direbbero che ciò non confuta la dottrina secondo cui un corpo semplice come la terra non può

avere i vari moti naturali attribuitigli dal sistema copernicano, dal momento che le calamite non sono corpi semplici; tuttavia, anche se le calamite non sono semplici, poiché sono parti della terra, si dovrebbe poter applicare *correttamente* il principio in questione, da cui conseguirebbe che neppure la terra è semplice, e quindi essa potrebbe avere i moti copernicani senza violare la dottrina (di un solo moto naturale per i corpi semplici). Inoltre, essi cercherebbero di spiegare i moti multipli delle calamite adducendo moti diversi per le loro singole parti costituenti; tuttavia, se queste parti sono corpi elementari, allora i loro moti naturali dovrebbero essere presumibilmente rettilinei (dall'alto in basso o viceversa), ma disgraziatamente non è possibile mischiare dei moti rettilinei e ottenere come risultato un moto circolare (e anche in questo caso avremmo una corretta applicazione del principio discusso); quindi i peripatetici giungerebbero alla conseguenza assurda di definire le sostanze celesti come parti costituenti delle calamite.

A volte, il principio in questione viene applicato quando non si dovrebbe. Si consideri (F439-40), ad esempio, l'asserzione di Gilbert secondo cui se una piccola sfera di calamita fosse giustamente bilanciata e libera di muoversi, ruoterebbe sul proprio asse; tuttavia, non vi è nessun motivo perché ciò accada, anche supponendo che la terra sia una calamita e che abbia un moto diurno, poiché una simile calamita sferica farebbe esattamente ciò che fa tutta la terra ruotando intorno al centro della terra invece che intorno al proprio centro; l'unica ragione per cui ciò potrebbe accadere, sarebbe qualcosa che impedisse alla piccola sfera di girare intorno al centro del tutto. Un altro esempio di applicazione erronea è (F440-1) l'argomento di Sacrobosco secondo cui il fatto che le gocce d'acqua assumano una forma circolare dimostra che l'intero elemento acqueo, presente sul globo terrestre, forma una sfera; invece il senso in cui vale il principio 'ciò che è vero per le parti è vero per il tutto' risiede nella tendenza dell'acqua ad assumere una forma sferica intorno al centro di gravità del tutto (il centro della terra).

442-5: *La scelta dell'effetto nelle indagini causali*

La conoscenza degli effetti è utile e necessaria per la ricerca e la scoperta delle cause, ma tale conoscenza è sempre limitata, sia nell'estensione che nell'attendibilità; quindi il miglior modo di procedere consiste nel partire da quelle caratteristiche degli effetti che sono sicure e principali, e nel cercare di arrivare ad una causa che sia primaria e che serva da indicazione per la via da seguire per estendere e approfondire le nostre conoscenze in modo consistente (F443-4).

Ad esempio (F444-5), nella ricerca della causa delle maree, gli effetti principali e meglio conosciuti sono il fatto che l'intervallo di tempo fra la bassa e l'alta marea è di sei ore, e il fatto che il moto dell'acqua in alcuni luoghi è semplicemente verso l'alto e verso il basso, in altri è esclusivamente verso est e verso ovest, in altri ancora è una combinazione di questi moti.

La causa primaria che verrà proposta è il moto della terra (F445), a cui faranno seguito le necessarie aggiunte e articolazioni, suggerendo come cause secondarie le proprietà fluide dell'acqua (F454-62), e spiegando i periodi mensili e annuali con le variazioni del moto terrestre (F470-89).

445-62: *La riproduzione artificiale di causa e effetto*

In un'indagine causale, una causa proposta dovrebbe essere rifiutata se non consente una riproduzione artificiale dell'effetto, e andrebbe accettata qualora tale riproduzione fosse possibile (F447, 456, cfr. 471-2). Ad esempio, l'unica causa delle maree in grado di superare tale prova è il moto della terra. L'incapacità di superare questa prova è la vera ragione per cui non risultano plausibili le teorie dell'attrazione lunare, del calore lunare, delle differenze di profondità dell'acqua, e delle grotte sul fondo del mare;

nessuna di queste condizioni sarebbe in grado di produrre un movimento in su e in giù, o avanti e indietro, solo in alcuni punti di un contenitore d'acqua (447-9). D'altra parte, accelerando o decelerando il movimento di un recipiente si farà salire e scendere l'acqua che si trova in prossimità dei bordi, mentre quella al centro si muoverà avanti e indietro, proprio come si può osservare sulle navi che trasportano acqua (450-1); e il moto della terra produrrebbe un'accelerazione e una decelerazione quotidiana in ogni punto, in quanto la componente del moto diurno di un punto viene sottratta o aggiunta rispetto alla componente del moto annuale (F452-4); inoltre, le varie proprietà fluide dell'acqua, che possono essere studiate per mezzo di modelli artificiali (F456), sono destinate ad agire come cause secondarie interagenti con quella primaria (F454-6), per produrre i complessi effetti osservabili nel moto dell'acqua del mare (F457-62), alcuni dei quali sono riproducibili con modelli artificiali (F457, F459).

462-70: *Ragionamento ex suppositione*

Il ragionamento *ex suppositione* implica due passaggi: un effetto noto viene spiegato facendo una supposizione, e poi l'effetto viene preso come prova e conferma della supposizione; questo ragionamento è inutile se la supposizione è falsa, non valido se nel contesto vi sono ragioni per rifiutare la supposizione (F462). Si consideri, ad esempio, l'argomento del moto della terra basato sulle maree (F462, postilla). Questo è un argomento *ex suppositione* nel senso sopra descritto, e quindi la supposizione che la terra si muove deve essere difesa da qualsiasi obiezione contestuale, poiché questa ultima toglierebbe validità all'argomento. Una di queste obiezioni (F363-4) è che se il moto della terra causa le maree, allora dovrebbe anche causare un vento perenne verso ovest, vento che invece non esiste. La risposta a questa obiezione è duplice: in primo luogo, il moto della terra potrebbe causare le maree e non il vento perenne in quanto l'aria, a differenza dell'acqua, non ha la propensione a conservare il moto acquisito, che è la proprietà che fa muovere l'acqua avanti e indietro in caso di accelerazione o decelerazione; in secondo luogo, esistono dei venti prevalenti in direzione ovest, soprattutto nelle regioni equatoriali. Un'altra obiezione (F467-8) potrebbe essere che l'esistenza di venti prevalenti in direzione ovest, la cui causa potrebbe essere il moto diurno del globo lunare, e il fatto che tale spiegazione è più economica e meno innovatrice (F467) di quella geocinetica, dovrebbero farci rifiutare il moto della terra. L'inconveniente di questa obiezione è che (F468-70) i venti prevalenti verso ovest non potrebbero essere causati dalla rotazione del globo lunare poiché si suppone che questo abbia una superficie molto liscia, e quindi non potrebbe trasmettere il suo moto all'elemento fuoco; inoltre, la rotazione di questo elemento non potrebbe causare la rotazione dell'elemento più denso, l'aria. D'altra parte (F465-6), questi venti potrebbero essere causati facilmente dal moto diurno della terra, poiché l'aria che si trova sulle sue zone più ampie e più liscie verrebbe trasportata meno facilmente di quella intrappolata fra le montagne, e questa sarebbe un'ulteriore ragione in favore della supposizione in questione.

470-1: *Ignoranza confessa e qualità occulte*

La confessione di ignoranza a volte è preferibile alla pretesa di sapere, poiché tali pretese spesso sono solo il frutto dell'immaginazione (F470, F446) e il risultato della vanità e della verbosità (F470). Ad esempio, è meglio dire che non si conosce la causa delle maree piuttosto che cercare di spiegarle in termini di attrazione esercitata da qualità occulte, cosa che ripugna all'intelletto, oppure in termini di calore e luce lunari o solari, cosa empiricamente ridicola e assurda (F470-1, F445-7).

471-84: *Il metodo delle variazioni concomitanti*

Ogni qual volta vi sia una variazione rego-

lare nell'effetto, ci deve essere una corrispondente variazione nella causa (F471). O, per essere più esatti, ogni volta che un effetto varia in modo regolare, è meglio spiegare questa variazione in termini di corrispondenti variazioni della stessa causa primaria (F471-2), piuttosto che facendo ricorso a una nuova causa (F474), che rischierebbe di essere *ad hoc*. Ad esempio, si considerino le variazioni mensili e annuali di ampiezza delle maree. Sarebbe meglio spiegare questi periodi mensili e annuali con le variazioni di accelerazione e decelerazione che determinano il periodo diurno, cioè con le variazioni di velocità del moto annuale o di quello diurno, o di ambedue i moti terrestri (F471-4). Ora, vi sono delle ragioni indipendenti per ritenere che il moto annuale della terra sia soggetto a variazioni mensili: ne è prova quella che potrebbe essere considerata come una legge di rivoluzione ampiamente confermata, e cioè che quando la causa del moto circolare rimane invariata, questo moto è più lento lungo cerchi più ampi e più rapido lungo cerchi più piccoli (F474-8); il sistema terra-luna girerebbe intorno al sole lungo un'orbita il cui raggio subirebbe variazioni mensili dipendenti dalla luna, la quale si troverebbe ora in congiunzione, ora in opposizione con il sole (F477-8). Il fatto che esista una prova *indipendente* delle variazioni del moto annuale della terra è più importante del fatto che non vi sia nessuna prova *diretta* basata su osservazioni astronomiche; poiché tale assenza potrebbe essere dovuta al non aver ricercato tali variazioni, o all'entità estremamente ridotta delle variazioni stesse (F479-82); quindi siamo autorizzati a concludere che il periodo mensile delle maree è causato da queste variazioni lunari che incidono sul moto annuale della terra (F479). Per quanto riguarda il periodo annuale, l'inclinazione dell'asse terrestre causerebbe variazioni annuali nella velocità effettiva del moto diurno di punti sulla superficie della terra, poiché la velocità effettiva è la velocità proiettata sul piano dell'eclittica (F482-4). Conseguentemente, seguendo lo stesso principio, possiamo concludere che il periodo annuale è causato da tali variazioni annuali nel moto diurno della terra.

484-9: *L'indagare e i risultati: la supremazia del metodo*

Un'idea può aver bisogno di essere perfezionata (F484-5) e tuttavia può essere di grande valore se è essenzialmente corretta e se tende verso la giusta direzione (F485-6); viceversa, una teoria può essere ampiamente confermata (F487), e ciononostante essere falsa (487-8), se è possibile che Dio abbia creato un mondo che non è in accordo con essa (F488); ed è così poiché l'esercizio mentale necessario all'indagine è di gran valore e probabilmente è la cosa più importante (F489). In altri termini, nella filosofia della natura la cosa importante è che sia giusto il metodo o l'impostazione.

A questo riguardo, la teoria geocinetica delle maree è un buon esempio. Essa fornisce solo una spiegazione generale dei fondamentali periodi diurni, mensili e annuali, e solo un'indicazione sommaria dei complessi e alquanto irregolari dettagli, dei quali, in ogni modo, non tutti sono ben noti (F484-5); tuttavia essa rappresenta uno spiraglio, soprattutto nella misura in cui suggerisce un approccio meccanico (F485-6). Essa rappresenta un potente argomento in favore del moto della terra (F487), e tuttavia potrebbe essere errata (F487-8), in quanto è possibile che Dio causi il moto delle maree in qualche altro modo.

M. A. F.

Traduzione: E. CAMBIERI - NOVARA

RINGRAZIAMENTI

L'autore ringrazia la National Science Foundation (U.S.A.) per il contributo finanziario concesso (Grant No. SOC 76-10220).

BIBLIOGRAFIA E NOTE

1 *Scientia*, Vol. 112, I/IV, 1977.

2 S. DRAKE, *Galileo Studies*, University of Michigan Press, Ann Arbor, 1970, pp. 95-122.

3 Vedi, ad esempio, S. DRAKE, *Galileo Against the Philosophers*, Zeitlin & Ver Brugge, Los Angeles, 1976.

4 Cfr. la mia analisi di *Galileo Against the Philosophers*, che sarà pubblicata prossimamente su *Isis*.

5 Dovrebbe essere ovvio che il concetto di metodologia a cui si fa riferimento in questo contesto è quello generale, connesso alla riflessione sui giusti procedimenti per eseguire delle indagini sulla natura, e non il concetto ristretto giustamente criticato da Feyerabend e cioè «l'idea di un metodo che contenga dei principi sicuri, immutabili e assolutamente vincolanti, con cui gestire l'affare della scienza» (*Against Method*, p. 23) [prima frase del Capitolo 1]). Quindi non vi è nessuna contraddizione nel dire che una buona metodologia può richiedere di essere contro il metodo e in favore del giudizio. Si potrebbe definire il concetto ristretto di metodo come 'baconiano', quello generale di metodologia come 'crociano'; per quest'ultimo cfr. B. CROCE, *Teoria e storia della storiografia*, Laterza, Bari, 1966 (prima edizione 1917), pp. 140-153, e *Storia dell'età barocca in Italia*, Laterza, Bari, 1967 (prima edizione 1929), pp. 61-64.

6 Sono indicate due serie di numeri di pagine: quelli che precedono la sbarra si riferiscono a G. GALILEI, *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, vol. VII delle Opere, Edizione Nazionale, edita da A. FAVARO, Barbera, Firenze, 1890-1909 e edizioni successive; quelli dopo la sbarra si riferiscono a G. GALILEI, *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems*, traduzione di S. DRAKE, University of California Press, Berkeley, 1953 e edizioni successive.

7 Qui i numeri delle pagine, sia quelli dei titoli che quelli fra parentesi nel testo, si riferiscono tutti al vol. VII dell'Edizione Nazionale delle *Opere* di GALILEO. I numeri fra parentesi sono preceduti da una 'F', che è un'abbreviazione per indicare 'Favaro', sempre per ricordare che si fa riferimento all'Edizione Nazionale.

Colloque de l'Union astronomique internationale / N° 37

Décalages vers le rouge et expansion de l'univers

(Paris, 6-7 septembre 1976)

Colloques internationaux du CNRS N° 263

L'évolution des galaxies et ses implications cosmologiques

(Paris, 8-9 septembre 1976)

• le point tant théorique qu'observationnel • valeurs de la constante de Hubble: problèmes de calibration • diagramme de Hubble • arguments pour et contre l'existence des décalages vers le rouge anormaux

• the distance scale within the local Group

• the Hubble constant and the local expansion field

• the distance scale beyond the local Group - A progress report on work in the southern hemisphere

• 21 - cm observations of redshifts and their implications for the distance scale

• is there evidence of anisotropy in the expansion of the universe?

• etc.

(*50 communications dont 48 en anglais et 2 en français*)

21 × 29,7 / 620 p. / broché
127 fig. / 34 tabl. / 11 phot.
ISBN 2-222-02022-0 180 F

Documentation S gratuite sur demande.

Editions du CNRS
15 quai Anatole-France 75700 Paris
CCP Paris 9061-11 - Tel 555 92.25

L'introduzione del cronone nella teoria classica e quantistica dell'elettrone

FEDERICO CASAGRANDE
Università di Milano

I IL CRONONE IN FISICA

La discussione intorno ai concetti di tempo e di spazio si può ben dire vecchia quanto l'uomo. In particolare l'attribuzione a tali concetti di un carattere di discontinuità, in polemica con le concezioni generalmente accettate, risale, come è noto, al tempo della scuola di Democrito (V secolo a.C.), e successivamente è stata ripresa dai pensatori arabi (X-XII secolo), e poi da Leibniz (1646-1716), per citare solo alcuni dei momenti più significativi[1].

L'ipotesi di una struttura discontinua dello spazio e del tempo entra per la prima volta nel campo delle scienze fisiche, secondo Arzèlies[2], nel 1908 con un testo di Mach[3]. Questi scrive infatti:

« ... il tempo e lo spazio non rappresentano [...] che un continuo apparente, che si compone molto verosimilmente di elementi discontinui, ma che non si possono discernere nettamente gli uni dagli altri. Fino a quando, per quanto concerne il tempo e lo spazio, l'ipotesi della continuità potrà essere mantenuta? Pura questione di opportunità e di accordo con l'esperienza ».

Di notevole interesse sono le riflessioni seguenti, riportate ancora da Arzèlies, dovute (nel 1913) ad H. Poincaré[4]: « L'universo salterebbe dunque bruscamente da uno stato all'altro, ma entro l'intervallo resterebbe immobile; i diversi istanti durante i quali resterebbe nello stesso stato, non potrebbero più essere distinti tra loro; arriveremmo così alla variazione discontinua del tempo, all'*atomo di tempo* ».

Nel 1925 un tempo elementare è introdotto da Palacios[5], con riferimento alla legge di Planck $E = h\nu$. Egli suppone infatti che ogni atto elementare di emissione o assorbimento di energia, riguardi sempre la stessa quantità di energia e duri sempre lo stesso tempo; in altri termini, la costante di Planck non sarebbe che il rapporto tra due costanti universali, il 'quanto di energia' e il 'quanto di durata'.

Nello stesso anno viene pubblicato un articolo di J. J. Thomson (lo scopritore dell'elettrone) dal titolo *L'intermittenza della forza elettrica*[6] nel quale si suppone che il campo elettrico abbia una struttura nel tempo, nel senso che la forza elettrica, anziché esercitare un flusso continuo di momento

su un corpo ad essa soggetto, produce su quest'ultimo variazioni finite di momento, separate da brevi intervalli di tempo. Pertanto mentre secondo le leggi della dinamica classica un corpo soggetto ad una forza F nel tempo δt riceve un incremento di momento $F \delta t$, nell'ipotesi di intermittenza quel corpo nello stesso intervallo δt può ricevere, oppure no, un incremento di momento. La probabilità per tale evento è $\delta t/T$, dove T è un tempo (molto piccolo) caratteristico della forza, rappresentante l'intervallo medio tra due incrementi. Ora, se I è l'incremento di momento ad ogni « impatto », osserva Thomson, allora l'aspettazione di tale quantità in un tempo δt è $I \delta t/T$, e per un gran numero di eventi $I \delta t/T$ rappresenta l'incremento medio di quantità di moto, cosicché la dinamica appare in tal caso la stessa che per un corpo soggetto all'azione di una forza continua $F = I/T$: la teoria dell'intermittenza confluisce in quella usuale, considerando tempi $t \gg T$.

In altri termini, l'autore assume una distribuzione statistica di Poisson relativa alle variazioni di momento in un intervallo di tempo t, e precisamente $p_r(t) = \frac{1}{r!}\left(\frac{t}{T}\right)^r e^{-t/T}$.

Come ben noto, il valor medio per tale distribuzione è t/T; pertanto se ogni evento comporta l'acquisizione di un momento I, il più probabile incremento di momento è $I\,t/T$, assimilabile alla consueta espressione $F\,t$ della teoria continua. Tuttavia, nella teoria discontinua, c'è una probabilità finita che la variazione di momento sia minore o maggiore della quantità sopra indicata. È chiaro che gli effetti dell'intermittenza si dovranno avvertire per tempi t così piccoli da essere confrontabili con T, e quindi, a giudizio dell'autore, in problemi su scala atomica. Tra le conseguenze della natura intermittente della forza elettrica, sono citate anzitutto la dissociazione spontanea di sistemi elettronici, e la produzione di raggi-X. Pensiamo infatti ad una descrizione dell'atomo di tipo 'planetario'; allora l'elettrone orbitante può ricevere, muovendo ad esempio dall'afelio al perielio, più o meno momento che nel moto inverso: può accadere così che dopo un'orbita l'elettrone acquisisca un eccesso di quantità di moto tale da liberare l'elettrone legato, o convertirsi in energia irraggiata. (Questo non ha luogo in un'orbita circolare: su di essa un elettrone non irraggia). Inoltre Thomson deduce anche che l'intermittenza della forza elettrica richiede che la luce debba possedere un carattere corpuscolare. In questo caso il ragionamento è, in breve, il seguente: le onde elettromagnetiche emesse da una sorgente oscillante con periodo P, raggiungerebbero regioni ove — diminuendo la forza — l'intervallo di tempo T del campo elettrico diventerebbe maggiore del periodo delle onde P; esse allora non potrebbero più ulteriormente propagare (il campo essendo così lento da non poter seguire le vibrazioni), e dunque verrebbero riflesse; pertanto si è costretti ad assumere che la luce sia dotata di una struttura granulare, in cui l'energia dei quanti che la compongono non vari durante la propagazione.

L'idea di Thomson di una azione della forza elettrica su una particella

carica che non avvenga in modo continuo, ma per impulsi, e dunque l'introduzione di una durata elementare, è essenzialmente la stessa che guida i lavori di R. Levi[7], che rivestono anch'essi un ruolo notevole nella storia dell'introduzione di un tempo fondamentale nella Fisica. Il programma che si propone Levi è esposto con chiarezza quando l'autore scrive[8]: « I corpi materiali essendo essenzialmente discontinui (...) le leggi fisiche (...) devono (...) fare riemergere la discontinuità, anche del tempo ».

In concreto viene sviluppata una 'teoria dell'azione universale e discontinua' ove, ripresa la critica di Einstein al concetto di etere, si postula l'esistenza di una azione a distanza che si esercita tra tutti i corpi dell'universo, e che avviene, nel vuoto, con la velocità della luce. Questa azione universale sostituisce il principio di azione e reazione. Le leggi dell'elettromagnetismo vanno adattate a questo principio. Ne segue una generalizzazione relativistica della legge di Coulomb, in cui la dinamica di una particella è dovuta all'effetto delle 'azioni' (vettoriali) attribuibili a tutte le altre presenti nell'universo. Levi ipotizza una emissione periodica di queste 'azioni', ovvero, in seguito alla loro ricezione da parte di un elettrone, una variazione del vettore velocità di quest'ultimo proporzionale alla quantità di 'azione' ricevuta. Ed ecco esposta in questo contesto l'ipotesi dell'atomo di tempo:

« La linea di universo degli elettroni presenta ripetute discontinuità. Gli intervalli di tempo proprio o atomi di tempo, 'crononi', che separano due successive discontinuità, sono tutti uguali a una costante universale τ_0. In questi istanti, il vettore velocità cambia bruscamente, cioè si produce un impulso che è la somma di tutte le azioni ricevute durante l'atomo di tempo precedente, moltiplicate per $C\,\tau_0$ ». (La costante C viene poi determinata in modo che, considerato l'elettrone in un'orbita circolare, la relazione tra energia E e frequenza ν sia data dalla legge di Planck $E = h\,\nu$). Il valore dell'atomo di tempo, cioè del cronone, è stimato in $4{,}48 \cdot 10^{-24}$ sec. Si noti che questa ipotesi non intacca la continuità del fluire del tempo, ma introduce solo una discontinuità nel comportamento della particella in moto.

Una valutazione simile della grandezza del cronone è ottenuta da Pokrowski[9] in un contesto più ingenuo. Viene infatti formulata l'ipotesi dell'esistenza in natura di un limite superiore per la densità di energia (raggiunto, secondo l'autore, nel nucleo dell'atomo); dall'esistenza di tale limite segue allora la possibilità di dedurre l'esistenza di limiti superiori per alcune altre grandezze fisiche, quali la temperatura assoluta T di un corpo, e la frequenza ν della radiazione emessa; quest'ultimo limite implica a sua volta l'esistenza di un intervallo di tempo minimo, o atomo di tempo. I calcoli presentati a sostegno di questa tesi conducono a valori per questo tempuscolo dello stesso ordine di grandezza trovato da Levi (10^{-24} sec.).

In un lavoro di Schames[10] del 1933, si legge:

« ... la lunghezza ed il tempo non sono suddivisibili indefinitamente, ma devono essere costituiti da ultimi e non ulteriormente suddivisibili

quanti, che chiameremo 'quanto di lunghezza' e 'quanto di tempo' ... ». L'autore propone come nuove unità di misura per le grandezze fondamentali lunghezza, tempo e massa, i rispettivi quanti λ_0, τ_0, e m_0, ove m_0 è la massa del neutrone (scelta in quanto 'puramente meccanica'). I valori di λ_0 e τ_0 sono calcolati ponendo il loro rapporto λ_0/τ_0 uguale alla velocità c della luce nel vuoto, e tenendo conto della legge di Planck, scritta nella forma: $h = E_0\,\tau_0$, nella quale si considera $E_0 = m_0\,c^2$ (essendo m_0 il quanto di massa), secondo la relazione di Einstein. Si ottengono i valori:

$$\begin{cases} \lambda_0 = 1{,}32 \cdot 10^{-13}\ \text{cm.} \\ \tau_0 = 4{,}40 \cdot 10^{-24}\ \text{sec.} \end{cases}$$

dunque λ_0 ha l'ordine di grandezza del raggio classico dell'elettrone ($r_0 \sim e^2/m\,c^2$), e τ_0 quello del 'quanto di tempo' introdotto da Levi e ritrovato da Pokrowski.

In una parte dell'articolo dedicata alla discussione delle ipotesi di struttura continua e atomica dello spazio e del tempo, Schames rileva la necessità di sviluppare un tipo di calcolo più adatto alla realtà atomistica che non il calcolo differenziale introdotto a descrivere il continuo e in seguito alla cui introduzione « ... nella Fisica si ragiona più per quozienti di differenziali che per quozienti di differenze [...] come già è stato sottolineato da Poisson ».

Nello stesso anno Beck[11], ricollegandosi ai lavori di Levi, Pokrowski e Schames, propone come unità fondamentali per la Fisica il quanto di tempo (*Chron*), il quanto di spazio (*Odon*) e la massa del protone.

L'idea dell'esistenza di una lunghezza universale è in seguito autorevolmente riproposta da Heisenberg[12]. Riconosciuta l'importanza fondamentale delle due costanti universali c ed $\hbar$, Heisenberg suggerisce di assumerne una terza, delle dimensioni di una lunghezza, proponendo in particolare:

$$r_0 = \frac{e^2}{m\,c^2} = 2{,}81 \cdot 10^{-13}\ \text{cm} \quad ;$$

ovviamente r_0 è scelta in modo parzialmente arbitrario, cioè è significativa solo come ordine di grandezza.

L'idea che guida Heisenberg è essenzialmente la seguente: l'introduzione di r_0 dovrebbe rivelarsi decisiva ai fini della comprensione dei fenomeni subnucleari, così come l'acquisizione della importanza di c ed $\hbar$ è stata intimamente connessa allo sviluppo, rispettivamente, della teoria della Relatività e della Meccanica Quantistica; in particolare, la considerazione di una lunghezza elementare potrebbe fornire la chiave per la eliminazione delle divergenze che si incontrano in teoria di campo, e per la comprensione delle 'spettro' delle masse delle particelle elementari. Osserviamo che, a distanza di circa vent'anni, Heisenberg ribadiva queste idee in modo sostanzialmente immutato[13]. Inoltre, per quanto riguarda i punti da lui indicati, anche limitandoci all'ambito classico (cioè non relativistico), vedremo proprio come le difficoltà della teoria relativistica dell'elettrone di Dirac[14], tra cui appunto il problema della divergenza della massa dell'elettrone stesso, e più tardi la scoperta del muone, una par-

ticella con proprietà pressoché identiche a quelle dell'elettrone salvo che per la massa circa duecento volte superiore, abbiano spinto ad affrontare il problema della teoria dell'elettrone dal punto di vista sopra indicato. Già nel 1939 Möglich e Rompe[15] applicano ad una teoria classica, ma non relativistica, dell'elettrone l'idea della introduzione di una lunghezza elementare, ovvero, di un intervallo di tempo ϑ_0 definito come rapporto tra tale lunghezza e la costante universale c. La discretizzazione è considerata soltanto rispetto al tempo, in quanto variabile indipendente nelle equazioni del moto. Di qui la proposta di sostituire alle derivate temporali i quozienti di differenze, ove viene assunto, quale intervallo di tempo, il tempo elementare ϑ_0. Ad esempio, in luogo di $dx\,(t)/dt$ va posto $[x\,(t) - x\,(t - \vartheta_0)]/\vartheta_0$. Per la prima volta inoltre viene indicato per ϑ_0 il valore, ripreso in altri contesti anche recentemente, come vedremo, $\vartheta_0 = \frac{2}{3}\frac{m\,c^3}{e^2}$.

(La deduzione di questo valore da parte degli autori procede nel modo seguente: viene confrontata l'equazione di Newton: $m\ddot{x} = F$, con l'eq. di Lorentz: $m\ddot{x} - \frac{2}{3}\frac{e^2}{c^3}\dddot{x} = F$, ponendo nella prima equazione in luogo di $\ddot{x}$ la corrispondente espressione alle differenze finite, sviluppando nel parametro ϑ_0, e uguagliando i primi due termini dello sviluppo col primo membro della seconda equazione).

Gli autori stessi riconoscono un carattere provvisorio al loro lavoro, e ammettono incongruenze quali quella, ad esempio, di assumere le grandezze fisiche come comuni funzioni del tempo, malgrado al tempo sia attribuita una struttura quantizzata. Resta in ogni caso sottolineata la proposta di sostituire equazioni alle differenze finite alle equazioni differenziali in quanto, come concludono gli autori, intervalli di tempo più piccoli di quelli individuati da ϑ_0 non hanno importanza fisica.

Un posto a sé in questo contesto è occupato dai lavori di J. Mariani[16]. Constatando, sulla base delle affermazioni di Heisenberg, che la teoria delle particelle elementari esige l'introduzione di un quanto elementare di lunghezza $a \sim 10^{-13}$ cm, e poiché la geometria euclidea non prevede l'esistenza di tale lunghezza minima, Mariani propone un nuovo approccio geometrico che contenga tale limitazione. Nell'ambito dell'approssimazione non-relativistica, l'autore considera come elemento di linea ds all'interno della regione occupata dalle particelle elementari il seguente:

$$ds^2 = c^2\,dt^2 - \frac{1}{1 - (r^2/a^2)}\,dr^2 - r^2\,(\mathrm{sen}^2\,\theta\,d\,\varphi^2 + d\,\theta^2)$$

Dunque lo spazio occupato dalla particella di raggio a è uno spazio sferico ove a rappresenta il raggio di curvatura. Il ds^2 relativo allo spazio esterno è

$$ds^2 = c^2\,dt^2 - \frac{1}{1 - (a^2/r^2)}\,dr^2 - r^2\,(\mathrm{sen}^2\,\theta\,d\,\varphi^2 + d\theta^2)\ ,$$

raccordantesi col precedente alla frontiera. Ovviamente deve essere sempre: $r > a$. Le due formule possono essere poi poste in forma euclidea, e la prima, in particolare, è suscettibile di due rappresentazioni equi-

valenti, sferica ed ellittica, attraverso le quali si può introdurre una quantizzazione delle lunghezze entro il volume della particella; la quantificazione geometrica, secondo l'autore, può essere in qualche senso connessa a quella dinamica dell'atomo di Bohr e della meccanica ondulatoria. Nel 1948 anche March[17] sostiene l'assunzione di una lunghezza fondamentale, vista operativamente come il limite ultimo di risoluzione nella misurazione fisica di una estensione spaziale, e indicata nell'ordine di grandezza già spesso suggerito di 10^{-13} cm. (raggio 'classico' dello elettrone, dimensione dei nuclei leggeri, ecc.).

Diversi autori si sono mossi, in anni successivi, nella direzione di una quantizzazione dello spazio-tempo. Per quanto concerne questo filone, che trae origine, oltre che da alcuni dei lavori citati, da un articolo di Ambarzumian e Iwanenko[18], ci limitiamo ad alcune indicazioni bibliografiche[19].

Analogamente, menzioniamo in Arzèlies[2] riferimenti relativi ad alcuni sviluppi basati su una concezione statistica dello spazio-tempo. Ciò che ci interessa mettere in luce è come il problema dell'introduzione di un tempo fondamentale, quale quello considerato finora, sia profondamente connesso col problema della costruzione di un modello esteso dell'elettrone, in quanto aspetti complementari di un unico tentativo di superare le difficoltà insite nella teoria dell'elettrone puntiforme, come cercheremo ora di chiarire.

Osservazione. Si noti che il cronone considerato dai vari Autori è relativo alla teoria classica dell'elettrone. In particolare nella determinazione del suo valore si prescinde dagli effetti del campo gravitazionale, il cui studio è di pertinenza della Relatività generale. È interessante osservare in questo contesto come considerazioni sulla teoria della gravitazione di Einstein[20] portino all'introduzione di un intervallo di tempo elementare assai più piccolo del cronone elettronico $2\,e^2/3\,m_0\,c^3$. Il suo valore ha come ordine di grandezza $T_0 = \frac{\lambda\!\!\!^{-}_0}{c} = \sim \left(\frac{\hbar\,G}{c^5}\right)^{1/2}$, essendo G la costante di gravitazione universale. Si ha cioè $\lambda\!\!\!^{-}_0 \simeq 1{,}6 \cdot 10^{-33}$ cm (lunghezza di Planck): è questa la lunghezza d'onda di un corpo di massa M tale per cui $\hbar/M_0\,c$ uguaglia il raggio di Schwarzschild. In questo articolo non ci occupiamo di questa lunghezza che trova interesse nella teoria quantistica della gravitazione.

II TEORIA CLASSICA DELL'ELETTRONE IRRADIANTE NELL'APPROSSIMAZIONE NON RELATIVISTICA

I primi importanti modelli di elettrone furono modelli di elettrone esteso. Nella teoria di Abraham[21,22] l'elettrone era considerato come una sferetta rigida, e la sua massa era da attribuire al campo elettromagnetico da esso stesso creato. Col successivo avvento della teoria della Relatività,

divenne presto chiaro che questo come ogni altro modello di corpuscolo dotato di una struttura rigida andava immediatamente rigettato (se la teoria voleva essere relativistica). Infatti il concetto di corpo rigido è incompatibile con l'esistenza di una velocità finita per l'interazione a distanza tra due corpi, quale quella tra due parti qualunque componenti di corpo esteso.

Lorentz[23] formulò una teoria dell'elettrone di dimensione finita, precedente la Relatività, ma nella quale l'elettrone, che in quiete era assunto di forma sferica, si contraeva nella direzione della velocità quando si trovava in moto. La massa era concepita come interamente di natura elettromagnetica, derivante dal campo autoprodotto; la reazione di radiazione veniva attribuita all'azione ritardata di una parte dell'elettrone sull'altra.

L'equazione del moto risultava della forma:

$$m_0 \vec{a} = \vec{F} + \vec{R} \tag{1}$$

ove $m_0 = O(r^{-1})$; r è il raggio; $\vec{F}$ è la forza esterna; $\vec{R}$ la reazione di radiazione:

$$\vec{R} = \frac{2}{3}\frac{e^2}{c^3}\frac{d\vec{a}}{dt} + \sum_{n=1}^{\infty} \vec{\gamma}_n \cdot 0(r^n) \quad ,$$

essendo $\vec{\gamma}_n$ un'espressione contenente $d^{n+1}\vec{a}/dt^{n+1}$. La critica fondamentale mossa alla teoria di Lorentz è che in essa si fa esplicito riferimento alla struttura dell'elettrone (ne dipendono tutti i termini di $\vec{R}$ successivi al primo). D'altra parte, passando al limite $r \to 0$, ove cade questa dipendenza, ha luogo la ben nota divergenza della massa in corrispondenza della sorgente del campo, ed inoltre è profondamente insoddisfacente il procedimento di liberarsi di colpo, alla fine, di una dipendenza presente in tutti i calcoli precedenti. È da notare che in tale limite l'equazione di Lorentz (1) assume la forma:

$$m_0 \vec{a} = \vec{F} + \frac{2}{3}\frac{e^2}{c^3}\frac{d\vec{a}}{dt} \tag{1'}$$

cioè è una equazione differenziale del 3° ordine nel tempo; e nel caso di elettrone libero ($\vec{F} = 0$) ha soluzioni non fisiche: compaiono le soluzioni autoacceleranti (o '*runaway*').

Val la pena di accennare brevemente a perplessità di altra natura sorte subito dopo che la teoria era stata posta in veste covariante, che da tempo appaiono superate, ma che avevano dato luogo ad un ampio dibattito. Sembrò infatti che l'energia ed il momento (di natura puramente elettromagnetica) associati all'elettrone non formassero un tetravettore; inoltre la relazione tra massa ed energia non era quella relativisticamente corretta, risultando $m_0 = (4/3) \cdot (E/c^2)$ (con un fattore 4/3 in luogo di 1); entrambi questi 'difetti' della teoria, secondo Poincaré[24] potevano essere risolti, risolvendo contemporaneamente anche il problema dell'instabilità dell'elettrone — dovuta alla repulsione Coulombiana tra le sue parti — introducendo una opportuna forza di coesione. In realtà[25] la teoria può essere posta in esatta forma covariante, senza problemi dunque per

quanto concerne la relazione tra massa ed energia e la natura tetravettoriale dell'energia-momento dell'elettrone. Per quanto riguarda il problema della stabilità, esso non ha nulla a che vedere con quello della covarianza. Del resto[26] la forza aggiuntiva di Poincaré avrebbe dovuto possedere le stesse proprietà di trasformazione della forza elettromagnetica, risultando operativamente indistinguibile da quest'ultima.

Da una critica del modello di Lorentz trae le mosse Dirac nel suo celebre lavoro del 1938[14]. In particolare la scoperta di particelle elettricamente neutre costituisce una forte obbiezione all'idea, per quanto suggestiva, della origine interamente elettromagnetica della massa dell'elettrone. Allora, secondo Dirac, risulta inutile anche l'idea di un elettrone di dimensione finita: l'elettrone va considerato puntiforme, e costituisce una singolarità per le equazioni di campo.

Sulla sola base delle equazioni di Maxwell, del principio di Relatività e delle leggi di conservazione del momento, l'autore deduce la seguente equazione relativistica del moto di un elettrone:

$$m\,c\,\dot{u}^{\lambda} = \frac{e}{c}\,F_{ext}{}^{\lambda\nu}\,u_{\nu} + \frac{2}{3}\,\frac{e^2}{c}\left(\ddot{u}^{\lambda} - \frac{1}{c^2}\,\dot{u}^{\rho}\,\dot{u}_{\rho}\,u^{\lambda}\right) \qquad (2)$$

ove $\dot{u}_{\lambda} \equiv d\,u^{\lambda}\,/\,ds$ $(s = c\,\tau,\ \tau$ è il tempo proprio: $d\tau = \sqrt{1 - v^2/c^2}\ dt)$; $u^{\lambda}\,u_{\lambda} = -\,c^2$.

Al limite non relativistico si riottiene per l'elettrone puntiforme l'eq. di Lorentz (1').

Ricordiamo ora le principali difficoltà della teoria di Dirac.

1) Esistenza di soluzioni autoacceleranti o '*runaway*' per l'elettrone libero (come già nel caso non relativistico).

2) Fenomeno della pre-accelerazione[14,22,27]; l'elettrone soggetto ad un impulso di durata $\delta\,(\bar{t})$ inizia ad accelerare ad un tempuscolo precedente all'istante $\bar{t}$, con una violazione dunque della causalità.

3) L'equazione del moto è un'equazione differenziale del 3° ordine.

4) Viene fatto uso dei potenziali avanzati. Wheeler e Feynman ne hanno dato un'interpretazione fisica con la loro teoria dell'assorbitore[28]. In ogni caso questo punto non costituisce più un problema, essendo ora chiaro[29,30] che l'equazione di Dirac può essere dedotta facendo uso dei soli potenziali ritardati.

5) Introduzione di un processo di rinormalizzazione. La divergenza della massa di natura elettromagnetica (Coulombiana), inevitabilmente connessa all'assunzione di elettrone puntiforme, è compensata da quella della massa di origine non-elettromagnetica ('nuda' o 'meccanica'), che insieme alla prima concorre a formare la massa sperimentale della particella puntiforme.

6) Significato non del tutto chiaro del termine di Schött $\left(\frac{2}{3}\,\frac{e^2}{c^3}\,\ddot{u}^{\lambda}\right)$ che compare accanto alla reazione di radiazione $\left(-\,\frac{2}{3}\,\frac{e^2}{c^3}\,\dot{u}^{\rho}\,\dot{u}_{\rho}\,u^{\lambda}\right)$

nell'eq. (2). Anche questo problema è superato[22,30] ed è generalmente riconosciuto che tale termine è una forza che è la derivata temporale di una parte del tetramomento 'legato' della particella (distinto dalla parte 'irradiata'), parte che si aggiunge a quella di origine Coulombiana, nel caso che la particella sia accelerata.

Per quanto concerne le difficoltà non risolte, sono state indicate naturalmente diverse strade. Ad esempio Rörlich[22] risolve i problemi della teoria di Dirac con la introduzione di opportune condizioni asintotiche (o facendole emergere dalla teoria, secondo il suo punto di vista), dando alle equazioni della teoria una veste integro-differenziale. Altre teorie sono state proposte, anche molto recentemente[31,32,33,34].

A noi preme sottolineare come l'introduzione di un intervallo di tempo fondamentale, un'idea di cui abbiamo precedentemente ricercato le origini, possa dare una risposta a questi problemi. Questa è l'idea infatti alla base della teoria alle differenze finite di Caldirola[33].

La teoria di Caldirola è in un certo senso 'preparata' da una ripresa dei tentativi di costruire modelli estesi dell'elettrone alla luce dei problemi di fondo connessi alla teoria dell'elettrone puntiforme, non risolti in modo completamente soddisfacente, come abbiamo appena visto. Vanno citati a questo proposito i lavori di Eliezer[35] e di Bohm e Weinstein[36], pur tenendo presente il loro ambito non-relativistico.

Eliezer propone un modello esteso di elettrone proprio per evitare i moti autoacceleranti di cui si è detto. Limitandosi a una trattazione non relativistica, egli considera un semplice modello di elettrone costituito da una sfera carica di raggio a e con carica totale e, la carica essendo confinata alla superficie della sfera. Le relative equazioni del moto erano già state dedotte molto tempo prima da Page[37] e da Schött[38], e hanno la forma:

$$m\vec{f} - \frac{2}{3}\, e^2 \dot{\vec{f}} + \frac{2}{3}\, \frac{e^2}{a} \sum_{n=2}^{\infty} (-1)^n \frac{(2\,a)^n \vec{f}^{(n)}}{(n+1)!} = \vec{F}$$

ove $\vec{F}$ è la forza esterna; $\vec{f}^{(n)}$ è la derivata n-esima della accelerazione $\vec{f}$ rispetto al tempo t; m è la massa dell'elettrone; si è posto $c = 1$. Supposta la massa dell'elettrone di origine interamente elettromagnetica, $m = 2e^2/3a$. Indicata con $\vec{v}$ la velocità dell'elettrone e con D l'operatore d/dt, l'equazione del moto si può scrivere brevemente come: $[1 - e^{-2aD}]\, \vec{v} = \frac{2\,a}{m}\, \vec{F}$, da cui, tenendo conto che: $e^{-2aD}\, \vec{v}\,(t) = \vec{v}\,(t - 2\,a)$, si ha infine:

$$\vec{v}\,(t) - \vec{v}\,(t - 2\,a) = k\,\vec{F} \qquad (3)$$

ove $k = 2\,a/m = 3\,a^2/e$.

L'autore è così condotto, invece che ad equazioni differenziali rispetto al tempo, ad equazioni alle differenze che connettono il moto in intervalli di tempo che sono multipli interi di un intervallo minimo $2\,a$, corrispondente al tempo impiegato dalla luce ad attraversare il diametro dell'elettrone. Nel caso di elettrone libero, perciò, l'equazione non ha soluzioni autoacceleranti, ma ammette soluzioni periodiche nel tempo di periodo $2\,a$ (moti auto-oscillanti). Se, per esempio, l'elettrone è soggetto ad un

campo elettrico uniforme $\vec{E}$, esso subisce una accelerazione $e\,\vec{E}/m$ cui è sovrapposto il moto auto-oscillante.

Anche Bohm e Weinstein[36] assumono che la carica elettronica abbia una estensione finita, come ipotesi più naturale nel tentativo di evitare le divergenze delle teorie in cui le cariche non hanno estensione spaziale. Data la difficoltà di specificare la distribuzione di carica in modo consistente con l'interpretazione relativistica della causalità, anche questi autori si limitano ad una trattazione non relativistica, considerando un elettrone rigido e con distribuzione di carica a simmetria sferica. Le equazioni del moto sono risolte in modo esatto nel caso speciale di una shell sferica, e il risultato coincide con quello di Eliezer [eq. (3)]. Anche in questo caso perciò non si trovano moti esponenziali auto-acceleranti per l'elettrone libero, bensì questo può compiere un moto oscillatorio di periodo dell'ordine di grandezza del tempo richiesto perché la luce attraversi l'elettrone. Queste auto-oscillazioni consistono di un moto armonico semplice del centro di massa della particella; tale moto non produce emissione di radiazione.

Si noti che il modello non relativistico di elettrone con distribuzione di carica sfericamente simmetrica è stato studiato recentemente da Levine, Moniz e Sharp[39]. In particolare, nel caso di shell sferica rigida, essi hanno sommato esplicitamente la serie che esprime la reazione di radiazione nella teoria di Abraham-Lorentz, ottenendo un'equazione del moto alle differenze finite e differenziale senza soluzioni autoacceleranti, né comportamento acausale per l'elettrone esteso.

Osserviamo ora che un punto delicato concernente l'adozione di un'equazione alle differenze finite (3) è costituito dalla necessità di avere una legge univoca che connetta la posizione $\vec{r}\,(n\,\tau_0)$ con la velocità $\vec{v}\,(n\,\tau_0)$ che compaiono nell'equazione alle differenze finite, che riscriveremo nella forma

$$\frac{m_0}{\tau_0}\,[\vec{v}\,(t) - \vec{v}\,(t - \tau_0)] = \vec{F}\,(\vec{r};\ \vec{v};\ t) \tag{4}$$

con

$$\tau_0 = \frac{4}{3}\,\frac{e^2}{m_0\,c^3} \tag{5}$$

A tale proposito Caldirola[33,34] assume la cosiddetta *legge di trasmissione* in base alla quale *assegnati i valori iniziali* $\vec{r}\,(0) = \vec{r}_0\,, \qquad \vec{v}\,(0) = \vec{v}_0\,,$ *i valori* $\vec{r}\,(n\,\tau_0)$ *sono univocamente determinati dalla relazione*

$$\vec{r}\,(n\,\tau_0) = \vec{r}\,((n-1)\,\tau_0) + \frac{\tau_0}{2}\,[\vec{v}\,(n\,\tau_0) + \vec{v}\,((n-1)\,\tau_0)]\ . \tag{6}$$

Più precisamente il moto istantaneo di un elettrone risulta dato dalla sovrapposizione di un cosiddetto *moto macroscopico*, definito negli istanti $t = n\,\tau_0$, e di un *moto interno* caratterizzato dal suo annullarsi agli istanti $t = n\,\tau_0$. L'irraggiamento dell'elettrone ed il suo comportamento sotto l'azione di un campo esterno sono completamente descritti dal suo moto macroscopico.

Osserviamo che l'idea di moto 'macroscopico' uniforme tra gli istanti

$(n-1)\,\tau_0$ e $n\,\tau_0$ è analoga a quella contenuta nei lavori pionieristici di Levi[7].
L'eq. (4) è stata risolta per numerosi problemi[33]: forza $\vec{F}(t)$ dipendente solo dal tempo, forza di Lorentz con campo magnetico costante, forza elastica di richiamo.

III IL CRONONE E LA TEORIA RELATIVISTICA CLASSICA DELL'ELETTRONE

La teoria di Caldirola[33], come abbiamo accennato, è una teoria relativistica (classica) dell'elettrone, in cui le difficoltà connesse alla teoria di Dirac sono superate tramite l'introduzione di un intervallo di tempo fondamentale τ_0.
La dinamica dell'elettrone è impulsiva nel senso che una forza agente sulla particella all'istante $n\,\tau_0$ induce una variazione discontinua nel suo stato di moto relativo ai tempi $(n-1)\,\tau_0$ ed $n\,\tau_0$; con questo postulato si tiene esplicitamente conto del ritardo, e si chiarisce come la considerazione del tempo elementare τ_0 non comporti affatto una quantizzazione dello spazio-tempo. In altri termini l'ipotesi che sta alla base della teoria alle differenze finite nella variabile temporale significa solamente che due stati di movimento separati da un intervallo di tempo proprio inferiore a τ_0 non sono fra loro distinguibili.
La teoria, oltre a soddisfare i postulati precedenti, deve inoltre essere tale da contenere ad un certo ordine di approssimazione le teorie 'differenziali' quando si consideri il limite per $\tau_0 \to 0$. Nella approssimazione non-relativistica l'equazione del moto deve allora avere la struttura seguente [v. eq. (4)]:

$$\frac{m_0}{\tau_0}\,[\vec{v}\,(t) - \vec{v}\,(t-\tau_0)] = \vec{F}\,(\vec{r}\,;\,\vec{v};\,t)\ .$$

Infatti, sviluppando il primo membro nell'intorno di t, si ha al 1° ordine l'equazione di Newton, ed al 2° ordine l'equazione di Lorentz (1'), in quest'ultimo caso purché valga la relazione (5) e cioè

$$\tau_0 \equiv 2\,\vartheta_0 = \frac{4}{3}\,\frac{e^2}{m_0\,c^3}\ .$$

La struttura dell'equazione non relativistica (4) è del tipo (3) incontrato nei cenni ai lavori di Eliezer[35] e di Bohm e Weinstein[36]. Nella teoria di Caldirola non è che il punto di partenza per una formulazione completamente covariante, in cui l'equazione della dinamica si riduca all'equazione di Dirac (2) al limite $\tau_0 \to 0$. (oltreché all'equazione precedente (4) per $(v^2/c^2) \ll 1$). L'equazione fondamentale alle differenze finite ha la forma:

$$-\frac{m_0}{\tau_0}\left[u_\alpha\,(\tau-\tau_0) + \frac{u_\alpha\,(\tau)\,u_\beta\,(\tau)}{c^2}\,u_\beta\,(\tau-\tau_0)\right] = \frac{e}{c}\,F^{(rit.)}_{\alpha\beta}\,u_\beta\,(\tau)\ , \quad (7)$$

con $u_\beta\,u_\beta = -c^2$, ($F^{(rit.)}_{\alpha\beta}$ indica il campo ritardato), e assumendo come legge di trasmissione la seguente:

$$x_\alpha\,(\tau) = x_\alpha\,(\tau-\tau_0) + \frac{\tau_0}{2}\,[u_\alpha\,(\tau) + u_\alpha\,(\tau-\tau_0)]\ . \quad (8)$$

Nell'equazione (7) non compaiono derivate di ordine superiore al 2° nel tempo (come invece accade nella teoria di Lorentz-Dirac); la soluzione ad ogni istante $\tau = \bar{\tau} + n\,\tau_0$ è individuata da due condizioni al tempo iniziale $\bar{\tau}$, purché sia assegnata la legge di trasmissione quale ad es. la (8). All'assunzione di questa legge è connessa una caratteristica dell'equazione (7), e cioè quella di ammettere, accanto alla soluzione 'macroscopica' precedente, soluzioni periodiche di periodo τ_0, ovvero anche soluzioni di tipo stocastico[34] purché annullantisi negli istanti $n\,\tau_0$. Questi moti interni, sovrapposti al moto macroscopico, e che risultano non irradianti, non compaiono nell'equazione di Dirac (2), che ne è solo una approssimazione al 2° ordine in τ_0.

L'equazione relativistica di Caldirola è stata risolta esattamente in alcuni casi particolari, tra cui il moto dell'elettrone soggetto ad un impulso elettromagnetico, sottoposto all'azione di un campo elettrico costante ed il moto iperbolico[40].

I risultati ottenuti dimostrano come in tale teoria scompaiono le difficoltà tipiche della teoria dell'elettrone di Dirac.

È stato inoltre mostrato da Caldirola come i moti interni dell'elettrone siano connessi a proprietà intrinseche dell'elettrone ed a eventuali 'stati eccitati' per la massa a riposo.

Si noti che se nel moto dell'elettrone si trascurano le perdite per irraggiamento ma si tiene conto della reazione del campo generato dall'elettrone su se stesso l'equazione del moto si scrive

$$\frac{m_0}{2\theta_0}\left\{ u_\alpha(\tau+\theta_0) - u_\alpha(\tau-\theta_0) + \frac{u_\alpha(\tau)\,u_\beta(\tau)}{c^2} \right.$$

$$\left. [u_\beta(\tau+\theta_0) - u_\beta(\tau-\theta_0)] \right\} = \frac{e}{c}\,\tilde{F}_{\alpha\beta}(\tau)\,u_\beta(\tau) \qquad (9)$$

dove $\theta_0 = \tau_0/2$ e $\tilde{F}_{\alpha\beta}(\tau)$ è la semisomma del campo ritardato e del campo avanzato. (La (9) è la versione della (7) 'simmetrizzata' rispetto al tempo proprio).

La corrispondente legge di trasmissione diventa

$$x_\alpha(\tau+\theta_0) = x_\alpha(\tau-\theta_0) + \vartheta_0\,[u_\alpha(\tau+\vartheta_0) + u_\alpha(\tau-\vartheta_0)]\ . \qquad (10)$$

Nel caso non relativistico l'eq. (9) si riduce alla

$$\frac{m_0}{2\,\theta_0}\,[\vec{v}(t+\theta_0) - \vec{v}(t-\theta_0)] = e\left(\vec{E} + \frac{\vec{v}}{c} \times \vec{B}\right)$$

e la legge di trasmissione diventa

$$\vec{r}(t+\theta_0) = \vec{r}(t-\theta_0) + \vartheta_0\,[\vec{v}(t+\vartheta_0) - \vec{v}(t-\vartheta_0)]\ .$$

Osserviamo infine che, come nel caso non relativistico, si pone anche in quello relativistico il problema di vedere se non sia possibile sviluppare un modello di elettrone esteso che porti alle equazioni (7) stabilite direttamente basandosi sull'ipotesi dell'esistenza del cronone nel comportamento dell'elettrone. A questo problema non è stata ancora data una risposta definitiva. Progressi però in questa direzione sono stati compiuti recentemente da Sorg[32] che è riuscito a formulare una teoria relativistica del-

l'elettrone esteso alla cui base sta un'equazione alle differenze finite molto simile a quella di Caldirola.

IV IL CRONONE NELLA TEORIA QUANTISTICA

I risultati ottenuti con l'introduzione del cronone nella teoria classica dell'elettrone sono stati estesi, almeno in parte, alla teoria quantistica.

Come equazione fondamentale è stata assunta[41] l'equazione simmetrica di Schrödinger alle differenze finite

$$i\hbar \frac{\psi(t+\theta_0) - \psi(t-\theta_0)}{2\theta_0} = \hat{H}\psi(t) \qquad (11)$$

in analogia all'eq. (9) della teoria dell'elettrone classico di Caldirola. Nel caso di un hamiltoniano $\hat{H}$ che non dipenda esplicitamente dal tempo si trova che la (11) ammette stati stazionari solo per autovalori W che soddisfano alla relazione

$$\left| \frac{W\theta_0}{\hbar} \right| < 1 \ .$$

Appare così un'energia critica superiore W_M data da

$$W_M = \frac{\hbar}{\theta_0} = \frac{3}{2}\frac{\hbar c}{e^2} m_0 c^2 \simeq 206\, m_0 c^2 \ .$$

Si trova quindi che esiste per l'elettrone legato uno stato corrispondente ad un valore massimo dell'energia che eguaglia l'energia intrinseca del muone: ciò suggerisce l'interpretazione di questa particella come uno stato eccitato dell'elettrone.

È interessante anche notare che una particella libera risulta rappresentata da un gruppo d'onde, la cui velocità può assumere qualsiasi valore tra zero e l'infinito. Inoltre il pacchetto d'onde associato alla particella è tale che la conoscenza della posizione di quest'ultima è sempre affetta da un'indeterminazione

$$\Delta x < \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\hbar\theta_0}{2m_0}} \ .$$

Questo nuovo tipo di limitazione, concernente la misura di una singola variabile (e non quella, contemporanea, di due variabili coniugate) non ha controparte nella corrente formulazione matematica della Meccanica Quantistica.

L'estensione del procedimento per l'introduzione del cronone nell'equazione di Schrödinger al caso relativistico dell'equazione di Dirac solleva, almeno a prima vista, qualche difficoltà. Infatti in questa equazione, a differenza della equazione dell'elettrone nella meccanica relativistica classica, l'evo-

luzione temporale non è espressa tramite il tempo proprio ma attraverso le quattro coordinate spazio-temporali $x_\alpha \equiv (x,\ y,\ z,\ ct)$:

$$\left(\gamma^\alpha \frac{\partial}{\partial x^\alpha} + \chi\right) \psi = 0 \tag{12}$$

dove $\chi = m_0\, c/\hbar$ (m_0 essendo la massa a riposo dell'elettrone) e le matrici 4×4 di Dirac χ^α soddisfano le relazioni:

$$\gamma^\alpha \gamma^\beta + \gamma^\beta \gamma^\alpha = 2\, \delta^{\alpha\beta} \quad , \qquad (\alpha,\ \beta = 1,\ 2,\ 3,\ 4).$$

Ciononostante Caldirola[42] è riuscito ad aggirare questa difficoltà partendo dalla considerazione dell'equazione di Dirac estesa ad uno spazio configurazionale a cinque dimensioni, del tipo di quello considerato nella teoria della Relatività classica da Kaluza e Klein. La quinta coordinata viene identificata con $c\,\tau$, essendo τ il tempo proprio nella descrizione spazio-temporale, ed il suo momento coniugato con $m_0\, c$.
Separando le variabili spazio-temporali dalla 5ª coordinata con la fattorizzazione

$$\psi\ (x,\ c\,\tau) = \varphi\ (x) \cdot \Phi\ (c\,\tau) \qquad\qquad (x \equiv \{\, x^\alpha \,\}) \quad ,$$

l'equazione pentadimensionale associata all'elettrone risulta equivalente a due equazioni, di cui la prima

$$\left(\gamma^\alpha \frac{\partial}{\partial x^\alpha} + k\right) \varphi = 0 \ ,$$

con

$$k = M\, c/\hbar \quad , \qquad\qquad M = \sqrt{M_0{}^2 + m_0{}^2} \quad ,$$

è l'eq. di Dirac per un elettrone in uno stato di massa a riposo M; la seconda

$$\frac{d^2\, \Phi}{c^2\, d\, \tau^2} + k_0{}^2\, \Phi = 0 \quad ,$$

essendo $k_0 = M_0\, c/\hbar$, è l'eq. del 'moto interno' che determina gli autovalori $M_0{}^{(n)}$ della massa corrispondenti ai vari stati eccitati dell'elettrone.
Per la valutazione di questi si impone che la $\Phi\ (\tau)$, che rappresenta il moto interno della particella, sia una funzione periodica di periodo uguale al cronone θ_0. Si trovano così gli autovalori

$$M_0{}^{(n)} = n\, \frac{\hbar}{c^2\, \theta_0} \simeq n \cdot 206\, m_0 \qquad\qquad (n = 0,\ \pm 1,\ \pm 2,\ \ldots) \ ,$$

e quindi $M^{(1)} \simeq 206\, m_0$.
Pertanto è di nuovo possibile interpretare il muone come uno stato eccitato dell'elettrone.
In conclusione l'introduzione del cronone sembra una condizione particolarmente adatta a gettare una luce sull'intimo legame che intercorre tra i due leptoni carichi: l'elettrone ed il muone. Naturalmente una teoria più dettagliata e più esatta si potrà avere solo nell'ambito di una teoria quantistica di campo, per il che è necessario applicare al campo $\psi\ (x,\ y,\ z,\ ct;\ c\,\tau)$ associato alla particella nella sua descrizione in uno spazio

configurazionale a cinque dimensioni, un opportuno processo di quantizzazione.
È questo un programma allettante che potrà essere sviluppato in futuro.

F. C.

RINGRAZIAMENTI

Sono debitore al Prof. P. Caldirola per le molte stimolanti discussioni e una quantità di suggerimenti per questo lavoro.

BIBLIOGRAFIA

1 Vedere ad es.: M. JAMMER, *Concepts of Space*, Harvard University Press, Cambridge (Mass.), 1954. (trad. it. *Storia del concetto di spazio*, Feltrinelli, Milano, 1963). Per un'analisi del concetto di tempo in fisica si veda: P. CALDIROLA e E. RECAMI, *The Concept of Time in Physics* (Conference on 'Concept of Time', S. Margherita Ligure, 1976).

2 H. ARZÈLIES, *Rayonnement et dynamique du curpuscule chargé fortement accéléré*, Gauthier-Villars, Paris, 1966.

3 E. MACH, *Erkenntnis und Irrtum*, Barth, Leipzig, 1905.

4 H. POINCARÉ, *Dernières pensées*, Flammarion, Paris.

5 J. PALACIOS, Scientia (suppl. franc.) *38*, 145 (1925).

6 J. J. THOMSON, Proc. Roy. Soc. Edimbourgh *46*, 90 (1925-26).

7 R. LEVI, C. R. Acad. Sc. *183*, 865 (1926); *183*, 1026 (1926); J. Phys. Rad. *8*, 182 (1927).

8 R. LEVI, J. Phys. Rad. *8*, 182 (1927).

9 G. I. POKROWSKI, Z. Physik 51, 730 (1928); Z. Physik *51*, 737 (1928).

10 L. SCHAMES, Z. Physik *81*, 270 (1933).

11 G. BECK, Helv. Phys. Acta *6*, 309 (1933).

12 W. HEISENBERG, Ann. Physik *32*, 20 (1938).

13 W. HEISENBERG, *Physics and Philosophy*, Harper, New York, 1958 (trad. it. *Fisica e Filosofia*, Il Saggiatore, Milano, 1961).

14 P. A. M. DIRAC, Proc. Roy. Soc. *A 167*, 148 (1938).

15 L. MÖGLICH, E. ROMPE, Z. Physik *113*, 740 (1939).

16 J. MARIANI, C. R. Acad. Sc. *208*, 640 (1939); C. R. Acad. Sc. *208*, 971 (1939).

17 A. MARCH, *Natur und Erkenntnis*, Springer, Wien, 1948.

18 V. AMBARZUMIAN, D. IWANENKO, Z. Physik 64, 563 (1930).

19 H. S. SNYDER, Phys. Rev. *71*, 38 (1947); H. T. FLINT, Phil. Mag. *7*, 29 (1940); Phys. Rev. *74*, 209 (1948); A. SCHILD, Phys. Rev. *73*, 414 (1948); Can. Journ. Math. *1*, 29 (1949); A. DAS, Nuovo Cimento *18*, 482 (1960); A. MEESSEN, Ann. Soc. Sci. Bruxelles *81*, 254 (1967); *86*, 89 (1972); Nuovo Cim. *12 A*, 491 (1972).

20 C. W. MISNER, K. S. THORNE, J. A. WHEELER, *Gravitation*, Freeman, S. Francisco, 1973: questo testo offre un panorama esauriente ed aggiornato della Relatività Generale.

21 M. ABRAHAM, Ann. Physik 10, 105 (1903).

22 F. ROHRLICH, *Classical charged particles*, Addison-Wesley, Reading, 1965: in questo libro si trova una estesa trattazione delle teorie di ABRAHAM, LORENTZ e DIRAC e dei relativi problemi; l'argomento è comunque trattato nei principali testi di Relatività ed Elettrodinamica.

23 H. A. LORENTZ, *The theory of electrons*, Dover, New York, 1952: vi si trova un consuntivo della teoria di Lorentz.

24 H. POINCARÉ, Comp. Rend. *140*, 1504 (1905); Rend. Circ. Mat. Palermo *21*, 129 (1906).

25 E. FERMI, Z. Physik *23*, 240 (1922). W. WILSON, Proc. Phys. Soc. (London) *48*, 736 (1936). B. KWAL, J. Phys. Rad. *10*, 103 (1949). F. ROHRLICH, Am. J. Phys. *28*, 639 (1960).

26 J. AHARONI, *The special theory of relativity*, At the Clarendon Press, Oxford, 1965.

27 G. PLASS, Rev. Mod. Phys. *33*, 37 (1961).

28 J. A. WHEELER, R. P. FEYNMAN, Rev. Mod. Phys. *17*, 157 (1945).

29 A. LOINGER, Rend. Acc. Lincei *18*, 309 (1955).

30 C. TEITELBOIM, Phys. Rev. *D 1*, 1572 (1970), e relativa bibliografia su questo problema.

31 T. C. MO, C. H. PAPAS, Phys. Rev. *D 4*, 3566 (1971).

32 M. SORG, Z. Naturforsch. *29a*, 1671 (1974); Z. Naturforsch. *31a*, 664 (1976); Z. Naturforsch. *31a*, 1133 (1976).

33 P. CALDIROLA, Nuovo Cim. *3*, Suppl. 2, 297 (1956).

34 P. CALDIROLA, Lett. al Nuovo Cim. *15*, 486 (1976).

35 C. J. ELIEZER, Proc. Camb. Phil. Soc. *46*, 199 (1950).

36 D. BOHM, M. WEINSTEIN, Phys. Rev. *74*, 1789 (1948).

37 L. PAGE, Phys. Rev. *11*, 376 (1918).

38 G. A. SCHÖTT, Phil. Mag. *3*, 739 (1927).

39 H. LEVINE, E. J. MONIZ, D. H. SHARP, Am. J. of Phys. *45*, 75 (1977).

40 L. LANZ, Nuovo Cim. *23*, 195 (1962).

41 P. CALDIROLA, Lett. al Nuovo Cim. *16*, 151 (1976); Lett. al Nuovo Cim. *17*, 461 (1976).

42 P. CALDIROLA, Lett. al Nuovo Cim. *18*, 465 (1977).

JUST PUBLISHED

INDEX GENERALIS 1907-1975

to

SCIENTIA

International Review of Scientific Synthesis

Presented by Professor Giuseppe Montalenti of the Institute of Genetics, Faculty of Sciences, University of Rome.

The Index Generalis consists of a volume of 100 pages. It catalogues more than 3,500 contributions by scientists from the world over published by Scientia over a period of 70 years; it is virtually a history of scientific thought from the beginning of the century up the present time.

The rules adopted in drawing up the Index are explained in a Legend at the beginning of the work.

Data processing was carried out by the CNUCE, Institute of the CNR.

Price of the volume: Europe Lit. 2.500, other Countries $3.50

Orders can be applied to:

SCIENTIA - Edizioni speciali - Via Guastalla 9 - 20122 Milano

The Introduction of the Chronon into the Classical and Quantum Theory of the Electron

FEDERICO CASAGRANDE
Università di Milano

The debate on the concepts of time and space can be said to be as old as man himself. In particular, the attribution of a character of discontinuity to these concepts, in contrast with the generally accepted ideas, is known to date back to the time of Democritus' school (5th century B.C.) and was later taken up by the Arab thinkers (10th-12th century) and by Leibniz (1646-1716), to give but a few of the more significant examples[1]. According to Arzèlies[2], the hypothesis of a discontinuous structure of space and time enters the field of the physical sciences for the second time in a text written by Mach in 1908[3]. The latter writes: « ... space and time represent only an apparent continuum and are probably composed of discontinuous though imprecisely discriminable elements... How far in physics we can uphold the assumption of spatial and temporal continuity is merely a question of what is appropriate and what agrees with experience ».

Of considerable interest are the following considerations, again recorded by Arzèlies, made by Poincaré[4] in 1913: « The universe would thus jump abruptly from one state to another, but remain motionless in the meantime; the different moments during which it remains in the same state could no longer be distinguished from one another; we should thus have a discontinuous variation of time, i.e. the *atom of time* ».

In 1925 an elementary time was introduced by Palacios[5] in reference to Planck's law $E = h\nu$. He assumed that every elementary act of emission or absorption of energy was always related to the same quantity of energy and always lasted the same time. In other words, Planck's constant was only the ratio between two universal constants, 'quantum of energy' and 'quantum of duration'.

In the same year an article was published by J. J. Thomson (the discoverer of the electron), entitled *The intermittence of electric force*[6], in which he assumes that an electric field has a structure in time, in the sense that an electric force, instead of exerting a continuous momentum flux on a body subjected to it, produces on the latter finite variations of momentum separated by short time intervals. Therefore, while according to the laws of classical dynamics a body subject to a force F over a time δt receives an increase in momentum of $F\,\delta t$, with the intermittence hypothesis, during the same interval δt the body may receive, or not, an increase in momentum. The probability of such an event occurring is $\delta t/T$, where T is a (very short) time characteristic of the force, representing the average interval between two increases. If I is the increase in momentum at each « impact », Thomson observes, the expectation of this quantity over a time δt is $I\,\delta t/T$, and for a large number of events $I\,\delta t/T$ is the average increase in momentum, so that the dynamics in this case seems to be the same as for a body subjected to the

action of a continuous force $F = I/T$, i.e. the theory of intermittence thus coincides with the normal one, if the times are considered as $t \geqslant T$.

In other words, the author assumes a Poisson distribution in connection with the variations in momentum over a time interval t, i.e.

$$P_r(t) = \frac{1}{r!}\left(\frac{t}{T}\right)^r e^{-t/T}$$

The average value for this distribution is known to be t/T. Therefore, if every event entails the acquisition of a momentum I, the most likely increase in momentum is $I\,t/T$, which is comparable to the customary expression $F\,t$ used in the continuous theory. However, in the discontinuous theory, there is a finite probability that the variation of momentum is smaller or greater than the above quantity. Obviously, the effects of intermittence must be felt over time intervals t so short as to be comparable with T and thus, in the author's opinion, only at atomic level. Some of the consequences mentioned of the intermittent nature of electric forces are the spontaneous dissociation of electron systems, and X-ray production. Here we are dealing with a 'planetary' type description of the atom where, on moving for instance from the aphelion to the perihelion, the electron can gain more or less momentum than going in the opposite direction. It may thus happen that after one orbit the electron acquires sufficient excess momentum to free the bonded electron, or to be converted into radiant energy. (This does not occur in a circular orbit in which there can be no electron radiation). Thomson also deduces that the intermittence of the electric force requires light to be corpuscular in nature. In this case the reasoning is, in a nutshell, the following: the electromagnetic waves emitted by a source oscillating with a period P reach regions where, owing to a decrease in the force, the time interval T of the electric field exceeds the period of the waves P. The latter can thus no longer be propagated (the field being so slow as to be unable to follow the vibrations) and would thus be reflected. It must thus be assumed that light has a granular structure in which the energy of the quanta of which it is composed does not vary during propagation. Thomson's idea of an action of the electric force on a charged particle that does not occur continuously but in the form of impulses and thus the introduction of an elementary duration, is basically the same as the one underlying R. Levi's works[7], which have also played an important part in the history of the introduction of a fundamental time in Physics. The program Levi set himself is clearly revealed when the author writes[8]: « As material bodies are essentially discontinuous [...] physical laws [...] must [...] show up the discontinuity also of time ».

In actual fact a 'theory of universal and discontinuous action' is being developed in which, resuming Einstein's criticism of the concept of ether, the existence is postulated of an action at a distance exerted between all bodies in the universe and which takes place, in vacuum, with the velocity of light. This universal action replaces the principle of action and reaction. The laws of electromagnetism must be adapted to suit this principle. This leads to a relativistic generalization of Coulomb's law, in which the dynamics of a particle is due to the effect of the (vectorial) 'actions' that can be attributed to all the others present in the universe. Levi hypothesizes a periodic emission of these 'actions', i.e. as a result of being received by an electron, a variation in the vector velocity of the latter which is proportional to the quantity of 'action' received. The hypothesis of the atom of time illustrated in this context is as follows: « The world line of electrons has repeated gaps in it. The intervals of proper time or atoms of time, 'chronons', between two successive discontinuities, are all equal to a universal constant τ_0. During these instants the vector velocity changes abruptly, i.e. an impulse is produced which is the sum of all the actions received during the preceding atom of time multiplied by $C\,\tau_0$ ». (The constant C is then determined

in such a way that, considering the electron to be in a circular orbit, the relation between energy E and frequency ν is given by Planck's law $E = h\nu$). The value of the atom of time, i.e. the chronon, is estimated as $4.48 \cdot 10^{-24}$ sec. This hypothesis does not detract from the continuity of the flow in time; it merely introduces a discontinuity in the behaviour of the moving particle. A similar evaluation of the magnitude of the chronon was obtained by Pokrowski[9] in a more naive context. An upper limit for energy density (reached, according to the author, in the nucleus of the atom) is postulated for to exist in nature. From the existence of this limit it is possible to derive the existence of upper limits for several other physical magnitudes, e.g. the absolute temperature T of a body, and the frequency ν of the radiation emitted. The latter limit then implies the existence of a minimum time interval, or atom of time. The calculations advanced in support of this thesis give values for this time unit of the same order of magnitude as that found by Levi (10^{-24} sec.).

In a 1933 publication by Schames[10], the following can be read: « ... length and time cannot be subdivided indefinitely; they must ultimately be composed of further indivisible quanta that we shall call 'quantum of length' and 'quantum of time' ... ». As new units of measurement for the fundamental quantities length, time and mass, the author proposes, respectively, the quanta λ_0, τ_0 and m_0, where m_0 is the mass of the neutron (chosen as it is 'purely mechanical'). The values of λ_0 and τ_0 are calculated assuming their ratio to be equal to the velocity c of light in vacuum, also taking account of Planck's law, written in the form: $h = E_0 \tau_0$, in which it is considered that $E_0 = m_0 c^2$ (since m_0 is the quantum of mass), according to Einstein's expression. The following values are obtained:

$$\begin{cases} \lambda_0 = 1.32 \cdot 10^{-13} \text{ cm} \\ \tau_0 = 4.40 \cdot 10^{-24} \text{ sec} \end{cases}$$

and so λ_0 has an order of magnitude of the classical electron radius ($r_0 \sim e^2/m c^2$) and τ_0 that of the 'quantum of time' introduced by Levi and rediscovered by Pokrowski.

In a section of the article devoted to the discussion of the hypotheses of continuous and atomic structure of space and time, Schames points out the necessity of developing a type of calculation that is better suited to atomistic conditions than the differential calculus introduced to describe the continuum and as a result of the introduction of which « ... in Physics one argues more by differential quotients than difference quotients [...] as Poisson has already stressed ».

In the same year, Beck[11], who referred to the work of Levi, Pokrowski and Schames, suggests as fundamental units in Physics the quantum of time (*Chron*), the quantum of space (*Odon*) and the mass of the proton. The idea of a universal length was later authoritatively reproposed by Heisenberg[12]. After acknowledging the fundamental importance of the two universal constants c and $\hbar$, Heisenberg suggests taking a third one with the dimensions of a length, proposing in particular:

$$r_0 = \frac{e^2}{m c^2} = 2.81 \cdot 10^{-13} \text{ cm};$$

Here r_0 has obviously be chosen in a partly arbitrary way, i.e. it is significant only as an order of magnitude.

Heisenberg's guiding idea is essentially the following: the introduction of r_0 ought to be decisive as regards the understanding of sub-nuclear phenomena, just as the realisation of the importance of c and $\hbar$ was closely connected with the development of the theory of relativity and of quantum mechanics, respectively. In particular, the consideration of an elementary length could provide a key for the elimination of the divergences existing in the field theory and for an understanding of the 'spectrum' of the masses of elementary particles. It is noteworthy that, some twenty years later, Heisenberg should repeat these ideas in a basically unchanged form[13]. Furthermore, as far as the points he raised are concerned, even restricting ourselves to the

classical (i.e nonrelativistic) field, we shall see how the difficulties involving Dirac's[14] relativistic theory of electron, including the problem of the divergence in the mass of the electron itself, and later the discovery of the muon, a particle having virtually the same properties as the electron but a mass about two hundred times greater, led to the problem of electron theory being tackled from the standpoint mentioned above.

As early as 1939, Möglich and Rompe[15] had already applied to a classical, non-relativistic theory of the electron, the idea of the introduction of an elementary length, or rather of a time interval ϑ_0 defined as the ratio between this length and the universal constant c. The discreteness is considered only in relation to the time, as it is an independent variable in the equations of motion. This led to the proposal to replace the time derivatives with the difference quotients where the elementary time ϑ_0 is assumed to be the interval of time. For instance, instead of $dx(t)/dt$ we write $[x(t) - x(t - \vartheta_0)]/\vartheta_0$. Again, for the first time, the value of ϑ_0 is indicated, which has also been taken up again in other contexts even recently, i.e.

$$\vartheta_0 = \frac{2}{3}\,\frac{e^2}{m\,c^3} \quad .$$

(The reasoning behind this value is as follows: Newton's equation $m\,\ddot{x} = F$ is compared with the Lorentz equation $m\,\ddot{x} - \frac{2}{3}\cdot\frac{e^2}{c^3}\dddot{x} = F$, replacing $\ddot{x}$ in the first equation with the corresponding finite differences expression, expanding in the parameter ϑ_0 and equating the first two terms of the expansion with the first term of the second equation).

The authors themselves admit that their work is only of a temporary nature, and that there are inconsistencies such as assuming physical quantities as common functions of time, even though a quantized structure has been assigned to time. What remains, however, is the proposal to replace the differential equations by finite difference equations insofar as, as the authors conclude, smaller intervals of time than those indicated by ϑ_0 have no importance in physics.

In this context the work of J. Mariani[16] occupies a place on its own. Observing, on the basis of Heisenberg's statements, that the theory of elementary particles requires the introduction of an elementary quantum of length of $a \sim 10^{-13}$ cm, and as Euclidean geometry does not account for the existence of this minimum length, Mariani proposed a new geometric approach containing this limitation. In the context of the non-relativistic approximation, the author considers as an element of line ds inside the region occupied by the elementary particles the following

$$ds^2 = c^2\,dt^2 - \frac{1}{1 - (r^2/a^2)}\,dr^2 - r^2 (\sin^2\vartheta\,d\varphi^2 + d\vartheta^2) .$$

Thus the space occupied by the particle with radius a is a spherical space where a is the radius of curvature. The ds^2 of the external space is

$$ds^2 = c^2\,dt^2 - \frac{1}{1 - (a^2/r^2)}\,dr^2 - r^2 (\sin^2\vartheta\,d\varphi^2 + d\vartheta^2) ,$$

and joins the preceding one at the boundary. Obviously, $r > a$ must always hold true. The two formulae can then be written in Euclidean form and the first, in particular, can have two equivalent representations, one spherical and one elliptical, by means of which a quantization of the lengths can be introduced within the particle's volume. According to the author, geometric quantification may in some ways be related to the dynamic one of the Bohr atom and of wave mechanics.

In 1948 also March[17] came out in favour of a fundamental length operationally conceived of as the ultimate limit of resolution in the physical measurement of a spatial extension and indicated by the

oft proposed order of magnitude of 10^{-13} cm (the 'classical' radius of the electron, size of light nuclei, etc.).

In later years, various authors have moved in the direction of a quantization of space-time. As far as this tendency is concerned (which, as well as in a few of the works quoted, originates in an article by Ambarzumian and Iwanenko[18]) we shall limit ourselves to giving a few bibliographic references[19].
In the same way, we mention that in Arzèlies[2] there are references to a few developments based on a statistical conception of space-time. What is important to grasp is how the problem of the introduction of a fundamental time such as the one considered up to now is closely connected with the problem of the construction of an extended model of the electron as they are complementary aspects of one and the same attempt to overcome the difficulties involved in the theory of the point electron, as we shall now attempt to show.

Remark. The chronon considered by the various authors is connected with the classical theory of the electron. In particular, in determining its value the effects of the gravitational field are neglected as their study is related to general relativity. In this connection, it is interesting to observe how a number of considerations on Einstein's theory of gravitation[20] lead to the introduction of an elementary time unit which is much smaller than the electron chronon $2\,e^2/3\,m_0\,c^3$. Its value has an order of magnitude of $T_0 = \frac{\lambda\!\!\!^{-}_0}{C} = \sim \left(\frac{\hbar\,G}{c^5}\right)^{1/2}$,

where G is Newton's gravitational constant. That is to say: $\lambda\!\!\!^{-}_0 \simeq 1{,}6 \cdot 10^{-33}$ cm (Planck's length): this is the wavelength of a body with mass M_0 for which $\hbar/M_0\,c$ equals Schwarzschild's radius. In this article we shall not be dealing with this length which is of interest in the quantum theory of gravitation.

CLASSICAL RADIATING ELECTRON THEORY IN THE NON-RELATIVISTIC APPROXIMATION - II

The first important electron models were extended electron models. In Abrahams' theory[21,22], the electron was considered as a rigid sphere and its mass was attributed to the electromagnetic field created by itself. After the advent of the theory of relativity it soon became clear that, like every other model of a corpuscle having a rigid structure, this model was to be rejected immediately (if the theory was to be a relativistic one). In fact, the concept of a rigid body is incompatible with the existence of a finite velocity for the interaction at a distance between two bodies such as that between any two parts belonging to an extended body.
Lorentz[23] formulated a theory of the finite-dimension electron even before Relativity. In his theory, however, the electron, which had a spherical shape when at rest, contracted in the direction of the velocity when in motion. Its mass was conceived as being entirely electromagnetic in nature and derived from the self-produced field. The radiation reaction was attributed to the delayed action of one part of the electron on another.
The equation of motion was in the form:

$$m_0 \vec{a} = \vec{F} + \vec{R} \qquad (1)$$

where $m_0 = 0\,(r^{-1})$; r is the radius; $\vec{F}$ is the external force; $\vec{R}$ is the radiation reaction: $R = \frac{2}{3}\frac{e^2}{c^3}\frac{d\vec{a}}{dt} + \sum_{n=1}^{\infty} \vec{\gamma}_n \cdot 0\,(r^n)$,

as $\vec{\gamma}_n$ is an expression containing $d^{n+1}\vec{a}/dt^{n+1}$.
The main criticism directed against Lorentz' theory is that it explicitly refers to electron structure (all the $\vec{R}$ terms after the first one are dependent on it). On the other hand, on reaching the limit $r \to 0$ where this dependence ceases, there is the well-known divergence of the mass corresponding to the field source. Furthermore, it is quite unsatisfactory to get rid of a dependence quite suddenly at the end when it was present in all previous calculations. It is

significant that in this limit the Lorentz equation (1) takes on the form:

$$m_0 \vec{a} = \vec{F} + \frac{2}{3}\frac{e^2}{c^3}\frac{d\vec{a}}{dt} \qquad (1')$$

i.e. it is a third order differential equation in time; and in the case of a free electron ($\vec{F} = 0$) it has non-physical solutions: self-accelerating (or runaway) solutions appear.

It is worth mentioning briefly other doubts which arose immediately after the theory took on its covariant form. These have largely been settled although they did lead to extensive discussion at the time. It seemed that the energy and momentum (purely electromagnetic in nature) associated with the electron did not form a four-vector. Besides, the relation between mass and energy was not the relativistically correct one (it was found to be $m_0 = (4/3) \cdot (E/c^2)$ i.e. with a 4/3 factor instead of 1). Both these 'defects' could, according to Poincaré[24], be resolved, at the same time solving also the problem of the electron's instability due to the Coulomb repulsion between its parts, by introducing a suitable cohesion force. In actual fact[25], the theory may be set out in an exact covariant form without problems as regards the mass/energy relationship or the four-vectorial nature of the electron's energy-momentum. The problem of stability has nothing to do with that of covariance. Furthermore[26], Poincaré's additional force would have to possess the same transformation properties as the electromagnetic force, thus being operationally indistinguishable from the latter. A criticism of Lorentz' model formed the basis for Dirac's famous 1938 work[14]. In particular, the discovery of electrically neutral particles constitutes a strong objection to the idea, however, appealing, of the wholly electromagnetic origin of the mass of the electron. Therefore, according to Dirac, there is no point either in conceiving of a finite-dimension electron: the electron must be considered as a point and constitutes a singularity for the field equations. On the sole basis of Maxwell's equations, the principle of relativity and the laws of conservation of momentum, the author derives the following relativistic equation for the motion of an electron:

$$m\,c\,\dot{u}^\lambda = \frac{e}{c} F_{ext}{}^{\lambda\nu} u_\nu + \frac{2}{3}\frac{e^2}{c} \cdot \left(\ddot{u}^\lambda - \frac{1}{c^2}\, \dot{u}^\rho\, \dot{u}_\rho\, u^\lambda \right) \qquad (2)$$

where $\dot{u}^\lambda \equiv du^\lambda/ds$ ($s = c\,\tau$, τ is the proper time: $d\tau = \sqrt{1 - v^2/c^2}\, dt$); $u^\lambda\, u_\lambda = -c^2$. At the non-relativistic limit the Lorentz equation (1') is obtained for a point electron. The main difficulties involved in Dirac's theory are the following:

1) Existence of self-accelerating or 'runaway' solutions for the free electron (as already in the non relativistic case).

2) Pre-acceleration phenomena[14,22,27]; the electron subjected to an impulse of duration $\delta(\bar{t})$ begins to accelerate a tiny fraction before time $\bar{t}$, thus violating the law of causality.

3) The equation of motion is a 3rd order differential equation.

4) Advanced potentials are used. Wheeler and Feynman have given a physical interpretation of it with their absorber theory[28]. In any case, this point is no longer a problem as it is now clear[29,30] that the Dirac equation can be derived using retarded potentials alone.

5) Introduction of a renormalization process. The divergence of mass of an electromagnetic (i.e. Coulombian) nature which the assumption of a point electron inevitably involves, is compensated by that of the mass of non-electromagnetic origin (i.e. 'bare' or 'mechanical') which, together with the former constitutes the experimental mass of the point particle.

6) The somewhat obscure meaning of Schött's term $\left(\frac{2}{3}\frac{e^2}{c^3}\ddot{u}^\lambda\right)$ which appears together with the radiation reaction $\left(-\frac{2}{3}\frac{e^2}{c^3}\dot{u}^\rho\,\dot{u}_\rho\,u^\lambda\right)$ in eq. (2). Also this problem has been solved and it is

generally acknowledged that this term is a force which is the temporal derivative of a part of the 'bonded' four-momentum of the particle (as distinct from the 'irradiated' part) which is added to that of Coulombian origin in the case that the particle is accelerated.

As for the unresolved difficulties, several approaches have of course been indicated. For instance Rohrlich[22] solves the problems of Dirac's theory by introducing suitable asymptotic conditions (or by having them emerge from the theory according to his point of view), thereby giving the equations of the theory an integro-differential appearance. Other theories have also been put forward quite recently[31,32,33,34].

What must be stressed is how the introduction of a fundamental time unit, a concept whose origins we have outlined above, can provide an answer to these problems. This is the idea underlying Caldirola's theory of finite differences[33].

In a certain sense Caldirola's theory was 'prepared' by a resumption of efforts to construct extended electron models in the light of problems connected with the theory of the point electron which, as we have seen, had not been solved in an entirely satisfactory way. Worthy of mention in this connection is the work of Eliezer[35] and Bohm and Weinstein[36], in spite of its non relativistic background.

Eliezer suggests an extended electron model for the very purpose of avoiding the self-accelerating motions mentioned earlier. Restricting his treatment to a non-relativistic one, he considers a simple model of an electron composed of a charged sphere with a radius a and a total charge e, the charge being limited to the sphere's surface. The relevant motion equations had already been derived long before by Page[37] and Schött[38]. They appear in the form:

$$m\vec{f} - \frac{2}{3}e^2\dot{\vec{f}} + \frac{2}{3}\frac{e^2}{a}\sum_{n=2}^{\infty}(-1)^n\frac{(2a)^n\vec{f}^{(n)}}{(n+1)!} = \vec{F}$$

where $\vec{F}$ is the external force; $\vec{f}^{(n)}$ is the n^{th} derivative of the acceleration $\vec{f}$ with respect to time t; m is the mass of the electron; it is assumed that $c = 1$. Assuming the electron mass to be entirely electromagnetic in origin, $m = 2e^2/3a$. Indicating the electron's velocity as $\vec{V}$ and the operator d/dt as D, the equation of motion can be written briefly as:

$$[1 - e^{-2aD}]\,\vec{v} = \frac{2a}{m}\,\vec{F} \quad ,$$

from which, taking into account that $e^{-2aD}\vec{v}(t) = \vec{v}(t - 2a)$, it follows that:

$$\vec{v}(t) - \vec{v}(t - 2a) = k\,\vec{F} \qquad (3)$$

where $k = 2a/m = 3a^2/e$.

The author is thus led not to differential equations with respect to time but to difference equations connecting motion in time intervals that are whole multiples of a minimum interval $2a$ corresponding to the time light takes to cross the diameter of the electron. Therefore, in the case of a free electron, the equation has no self-accelerating solutions, although it does admit of periodic solutions in a period time of $2a$ (self-oscillating motion). If, for instance, the electron is subjected to a uniform electric field $\vec{E}$, it undergoes an acceleration $e\vec{E}/m$ on which the self-oscillating motion is superimposed.

Also Bohm and Weinstein[36] assume, as a more natural hypothesis, that electron charge has a finite extension, in an attempt to avoid the divergences of the theories in which the charges have no spatial extension. Owing to the difficulty of specifying the charge distribution in a way that is consistent with the relativistic interpretation of causality, also these authors give only a non-relativistic treatment, with a rigid electron and a charge distribution having spherical symmetry. The equations of motion are solved exactly in the special case of a spherical shell, and the result coincides with that of Eliezer [eq (3)]. So also in this case there are no self-accelerating exponential motions for the free electron; rather the latter can carry out an oscillating motion with a period of the order of magnitude of the time required for light to pass through the electron.

These self-oscillations consist of the simple harmonic motion of the particle's centre of mass; this motion does not produce radiation emission.

The non-relativistic electron model with spherically symmetrical charge distribution was recently studied by Levine, Moniz and Sharp[39]. In particular, in the case of a rigid spherical shell they explicitly summed the series expressing the radiation reaction of the Abraham-Lorentz theory, obtaining a differential-difference equation of motion with no self-accelerating solutions or a causal behaviour of the extended electron.

One delicate feature of the adoption of a finite-difference equation (3) is the need to have a univocal law connecting position $\vec{r}\,(n\,\tau_0)$ with velocity $\vec{v}\,(n\,\tau_0)$, which appear in the finite difference equation rewritten in the form

$$\frac{m_0}{\tau_0}\,[\vec{v}\,(t) - \vec{v}\,(t-\tau_0)] = \vec{F}\,(\vec{r};\,\vec{v};\,t) \qquad (4)$$

with

$$\tau_0 = \frac{4}{3}\,\frac{e^2}{m_0\,c^3} \qquad (5)$$

In this connection Caldirola[33,34] postulated the *law of transmission* on the basis of which *once the initial values* $\vec{r}\,(0) = \vec{r}_0$, $\vec{v}\,(0) = \vec{v}_0$ *have been assigned, the values* $\vec{r}\,(n\,\tau_0)$ *are univocally determined by the expression*

$$\vec{r}\,(n\,\tau_0) = \vec{r}\,((n-1)\,\tau_0) + \frac{\tau_0}{2}\,[\vec{v}\,(n\,\tau_0) + \vec{v}\,((n-1)\,\tau_0)]. \qquad (6)$$

More precisely, the instantaneous motion of an electron is given by the superimposition of a *macroscopic motion*, defined during the instants $t = n\,\tau_0$, and by an *internal motion* characterized by its vanishing at the instants $t = n\,\tau_0$. The radiation of the electron and its behaviour under the effect of an external field are described completely by its macroscopic motion. The idea of uniform 'macroscopic' motion between the instants $(n-1)\,\tau_0$ and $n\,\tau_0$ is similar to that contained in Levi's pioneer work[7]. Eq. (4) has been resolved for numerous problems[33], i.e. force $\vec{F}\,(t)$ dependent only on time, Lorentz force with constant magnetic field, elastic return force.

THE CHRONON AND CLASSICAL RELATIVISTIC THEORY OF THE ELECTRON - III

As already mentioned, Caldirola's theory[33] is a (classical) relativistic theory of the electron in which the difficulties involved in Dirac's theory are done away with by introducing a fundamental time interval τ_0. The dynamics of the electron is impulsive in the sense that a force acting on the particle at the instant $n\,\tau_0$ brings about a discontinuous variation in its state of motion in relation to the times $(n-1)\,\tau_0$ and $n\,\tau_0$. This postulate explicitly takes the retardation into consideration and explains why the consideration of the elementary time τ_0 in no way entails a quantization of space time. In other words, the hypothesis on which the theory of finite differences in the time variable is based merely means that two states of motion separated by a proper time interval of less than τ_0 are not distinguishable one from the other. Besides satisfying the preceding postulates, the theory must also be capable of containing the 'differential' theories to a certain degree of approximation when the limit corresponding to $\tau_0 \to 0$ is considered. In the non-relativistic approximation the equation of motion must thus have the following structure [see eq. (4)]:

$$\frac{m_0}{\tau_0}\,[\vec{v}\,(t) - \vec{v}\,(t-\tau_0)] = \vec{F}\,(\vec{r};\,\vec{v};\,t)\,.$$

In fact, by expanding the 1.h.s. about t, one obtains Newton's equation at the 1st order and Lorentz' (1') at the 2nd order, provided that, in the latter case, the expression (5) holds, i.e.

$$\tau_0 \equiv 2\,\vartheta_0 = \frac{4}{3}\,\frac{e^2}{m_0\,c^3}\,.$$

The structure of the non-relativistic equation (4) is of the type (3) found in references to the work of Eliezer[35] and Bohm and Weinstein[36]. In Caldirola's theory it is merely a starting point for a completely covariant formulation, in which the dynamics equation is reduced to Dirac's equation (2) at the limit $\tau_0 \to 0$ (as well as to the preceding equation

(4) for $(v^2/c^2) \ll 1$). The fundamental finite difference equation has the form:

$$-\frac{m_0}{\tau_0}\left[u_\alpha(\tau-\tau_0)+\frac{u_\alpha(\tau)\,u_\beta(\tau)}{c^2}u_\beta(\tau-\tau_0)\right] = \frac{c}{e}F^{(rit.)}_{\alpha\beta}\,u_\beta(\tau) \qquad (7)$$

with $u_\beta u_\beta = -c^2$ ($F^{(rit.)}_{\alpha\beta}$ indicates the retarded field), and assuming as transmission law the following:

$$x_\alpha(\tau) = x_\alpha(\tau-\tau_0)+\frac{\tau_0}{2}[u_\alpha(\tau)+u_\alpha(\tau-\tau_0)]. \qquad (8)$$

In equation (7) there are no derivatives of a higher order than the 2nd with respect to time (as, on the contrary, was the case in the Lorentz-Dirac theory). The solution at any instant $\tau = \bar{\tau} + n\tau_0$ is determined by two conditions at initial time $\bar{\tau}$, provided that a transmission law, e.g. (8), has been assigned. The use of this law is related to a characteristic of equation (7), i.e. that of admitting, in addition to the preceding 'macroscopic' solution, also periodic solutions having a period of τ_0, or even stochastic type solutions[34], provided they vanish at the instants $n\tau_0$. These internal motions, which are superimposed on the macroscopic motion and are found to be non-radiating, do not appear in the Dirac equation (2), which is only a second order approximation of it in τ_0.

Caldirola's relativistic equation has been solved exactly in a few special cases, including that where electron motion is subjected to an electromagnetic impulse, where it is under the effect of a constant electron field and hyperbolic motion[40]. The results obtained show how in such a theory the difficulties typical of Dirac's electron theory disappear.

It has also been shown by Caldirola how the electron's internal motion is linked to properties that are intrinsic to the electron and to possible 'excited states' for the rest mass.

In electron motion, if radiation losses are neglected but the reaction of the field generated by the electron on itself is taken into account, the equation of motion can be written

$$\frac{m_0}{2\theta_0}\left\{u_\alpha(\tau_0+\theta^0)-u_\alpha(\tau-\theta_0)+\frac{u_\alpha(\tau)\,u_\beta(\tau)}{c^2}\right. \qquad (9)$$

$$\left.[u_\beta(\tau+\theta_0)-u_\beta(\tau-\theta_0)]\right\} = \frac{e}{c}\bar{F}_{\alpha\beta}(\tau)\,u_\beta(\tau)$$

where $\theta_0 = \tau_0/2$ and $\bar{F}_{\alpha\beta}(\tau)$ is the semi-sum of the retarded and advanced fields. [(9) is a version of (7) 'symmetrized' with respect to proper time].

The corresponding law of transmission becomes

$$x(\tau+\theta_0) = x_\alpha(\tau-\theta_0)+\vartheta_0[u_\alpha(\tau+\vartheta_0)+u_\alpha(\tau-\vartheta_0)]. \qquad (10)$$

In the non-relativistic case, eq. (9) is reduced to

$$\frac{m_0}{2\theta_0}[\vec{v}(t+\theta_0)-\vec{v}(t-\theta_0)] = e\left(\vec{E}+\frac{\vec{v}}{c}\times\vec{B}\right)$$

and the transmission law becomes

$$\vec{r}(t+\theta_0) = \vec{r}(t-\theta_0)+\vartheta_0[\vec{v}(t+\vartheta_0)-\vec{v}(t-\vartheta_0)].$$

Let us see how, as in the non-relativistic case, also in the relativistic case the problem exists of seeing how it is possible to develop an extended electron model leading to equations (7) which are established directly on the basis of the existence of the chronon in the electron's behaviour. No definite answer has yet been given to this problem. Some progress has, however, been made by Sorg[32], who succeeded in formulating a relativistic theory of the extended electron based on a finite difference equation very similar to Caldirola's.

THE CHRONON IN QUANTUM THEORY - IV

The results obtained by introducing the chronon into classical electron theory have been extended, at least partially, to quantum theory.

The fundamental equation used[41] was the symmetrical, finite-difference Schrödinger equation

$$i\hbar \frac{\psi(t+\theta_0) - \psi(t-\theta_0)}{2\theta_0} = \hat{H}\psi(t) \quad (11)$$

by analogy with eq. (9) of Caldirola's classical electron theory. In the case of a Hamiltonian $\hat{H}$ that does not depend explicitly on time, (11) is found to admit of stationary states only for eigenvalues W satisfying the expression

$$\left| \frac{W\vartheta_0}{\hbar} \right| \leqslant 1 .$$

This leads to an upper critical energy W_M given by

$$W_M = \frac{\hbar}{\theta_0} = \frac{3}{2}\frac{\hbar c}{e^2} m_0 c^2 \simeq 206\, m_0 c^2 .$$

It is thus found that for the bonded electron there is a state corresponding to a maximum of the energy which is equal to the intrinsic energy of the muon. This supports the interpretation that this particle is an excited state of the electron.

It is also interesting to note how a free particle is represented by a group of waves the velocity of which can have any value between zero and infinity. Furthermore, the wave packet associated with the particle is such that a knowledge of the latter's position always has an indeterminacy

$$\Delta x \leqslant \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\hbar\vartheta_0}{2m_0}}$$

This new kind of limitation related to the measurement of a single variable (and not the simultaneous measurement of two conjugate variables) has no equivalent in the current mathematical formulation of Quantum Theory.

The extension of the procedure to introduce the chronon into the Schrödinger equation to cover the relativistic Dirac equation case raises a few difficulties, at least at first sight. Unlike the electron equation in classical relativistic mechanics, in the latter equation the time evolution is not expressed by means of proper time but through the four space-time coordinates $x_\alpha \equiv (x, y, z, ct)$:

$$\left(\gamma^\alpha \frac{\partial}{\partial x^\alpha} + \chi\right)\psi = 0 \quad (12)$$

where $\chi = m_0 c/\hbar$ (m_0 being the electron's rest mass) and the 4×4 Dirac γ^α matrices satisfy the expressions:

$$\gamma^\alpha\gamma^\beta + \gamma^\beta\gamma^\alpha = 2\delta^{\alpha\beta}, \quad (\alpha, \beta = 1, 2, 3, 4).$$

Nevertheless Caldirola[42] succeeded in getting round this difficulty by starting off from a consideration of the Dirac equation extended to a five-dimensional configurational space of the same type as in Kaluza and Klein's classical relativistic theory. The fifth coordinate is equated with $c\tau$, as τ is the proper time in the space-time description, and its conjugate momentum with $m_0 c$.

By separating the space-time variable from the 5th coordinate using the factorization

$$\psi(x, c\tau) = \varphi(x)\cdot\Phi(c\tau) \qquad (x \equiv \{x^\alpha\}) ,$$

the five-dimensional equation associated with the electron is found to be the equivalent of two equations, the first of which

$$\left(\gamma^\alpha \frac{\partial}{\partial x^\alpha} + k\right)\varphi = 0 ,$$

with

$$k = Mc/\hbar , \quad M = \sqrt{M_0^2 + m_0^2} ,$$

is the Dirac equation for an electron in a state of rest mass M; the second

$$\frac{d^2\Phi}{c^2\, d\tau^2} + k_0^2\Phi = 0 ,$$

where $k_0 = M_0 c/\hbar$ is the 'internal motion' equation that determines the mass eigenvalues $M_0^{(n)}$ corresponding to the various excited states of the electron.

In order to evaluate the latter, $\Phi(\tau)$, which represents the particles's internal motion, must be taken as a periodic function having a period equal to the chronon θ_0. This thus gives the eigenvalues

$$M_0^{(n)} = n\frac{\hbar}{c^2\theta_0} \simeq n\cdot 206\, m_0$$

$$(n = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots) ,$$

and therefore $M^{(1)} \simeq 206\, m_0$.

It is thus again possible to interpret the muon as an excited electron state.

In conclusion, the introduction of the chronon seems to be a particularly suitable condition for shedding light on the close bond between the two charged leptons:

the electron and the muon. Of course, a more detailed and more exact theory can only obtain in the framework of a quantum field theory for which it is necessary to apply a suitable quantization process to the field $\psi(x, y, z, ct; c\tau)$ associated with the particle in its description in a five-dimensional configurational space.
This is an interesting program to be taken further in future.

F. C.

Translation: I. McGILVRAY - ROMA

ACKNOWLEDGMENTS

I am indebted to Prof. P. Caldirola for numerous stimulating discussions and many suggestions concerning this article.

BIBLIOGRAPHY

1 See e.g.: M. JAMMER, *Concepts of Space*, Harvard University Press, Cambridge (Mass.), 1954. An analysis of the concept of time in Physics is given in: P. CALDIROLA, E. RECAMI, *The Concept of Time in Physics* (Conference on 'Concept of Time', S. Margherita Ligure, 1976).
2 H. ARZÈLIES, *Rayonnement et dynamique du curpuscule chargé fortement accéléré*, Gauthier-Villars, Paris, 1966.
3 E. MACH, *Erkenntnis und Irrtum*, Barth, Leipzig, 1905. (*Knowledge and Error*, Reidel, Dordrecht, 1976).
4 H. POINCARÉ, *Dernières pensées*, Flammarion, Paris.
5 J. PALACIOS, Scientia (suppl. franc.) *38*, 145 (1925).
6 J. J. THOMSON, Proc. Roy. Soc. Edimbourgh *46*, 90 (1925-26).
7 R. LEVI, C. R. Acad. Sc. *183*, 865 (1926); *183*, 1026 (1926); J. Phys. Rad. *8*, 182 (1927).
8 R. LEVI, J. Phys. Rad. *8*, 182 (1927).
9 G. I. POKROWSKI, Z. Physik *51*, 730 (1928); Z. Physik *51*, 737 (1928).
10 L. SCHAMES, Z. Physik *81*, 270 (1933).
11 G. BECK, Helv. Phys. Acta *6*, 309 (1933).
12 W. HEISENBERG, Ann. Physik *32*, 20 (1938).
13 W. HEISENBERG, *Physics* and *Philosophy*, Harper, New York, 1958.
14 P. A. M. DIRAC, Proc. Roy. Soc. *A 167*, 148 (1938).
15 L. MÖGLICH, E. ROMPE, Z. Physik *113*, 740 (1939).
16 J. MARIANI, C. R. Acad. Sc. *208*, 640 (1939); C. R. Acad. Sc. *208*, 971 (1939).
17 A. MARCH, *Natur und Erkenntnis*, Springer, Wien, 1948.
18 V. AMBARZUMIAN, D. IWANENKO, Z. Physik *64*, 563 (1930).
19 H. S. SNYDER, Phys. Rev. *71*, 38 (1947); H. T. FLINT, Phil. Mag., *7*, 29 (1940); Phys. Rev. *74*, 209 (1948); A. SCHILD, Phys. Rev. *73*, 414 (1948); Can. Journ. Math. *1*, 29 (1949); A. DAS, Nuovo Cimento *18*, 482 (1960); A. MEESSEN, Ann. Soc. Sci. Bruxelles *81*, 254 (1967); *86*, 89 (1972); Nuovo Cim. *12A*, 491 (1972).
20 C. W. MISNER, K. S. THORNE, J. A. WHEELER, *Gravitation*, Freeman, S. Francisco, 1973: this text gives an exhaustive and up-to-date survey of General Relativity.
21 M. ABRAHAM, Ann. Physik *10*, 105 (1903).
22 F. ROHRLICH, *Classical charged particles*, Addison-Wesley, Reading, 1965: in this text a wide treatment of the theories of ABRAHAM, LORENTZ, DIRAC and related questions is given: however the subject is treated in most textbooks on Relativity and Electrodynamics.
23 H. A. LORENTZ, *The theory of electrons*, Dover, New York, 1952: it is a review of Lorentz's theory.
24 H. POINCARÉ, Comp. Rend. *140*, 1504 (1905); Rend. Circ. Mat. Palermo *21*, 129 (1906).
25 E. FERMI, Z. Physik *23*, 240 (1922). W. WILSON, Proc. Phys. Soc. (London) *48*, 736 (1936). B. KWAL, J. Phys. Rad. *10*, 103 (1949). F. ROHRLICH, Am. J. Phys. *28*, 639 (1960).
26 J. AHARONI, *The special theory of relativity*, At the Clarendon Press, Oxford, 1965.
27 G. PLASS, Rev, Mod. Phys. *33*, 37 (1961).
28 J. A. WHEELER, R. P. FEYNMAN, Rev. Mod. Phys. *17*, 157 (1945).
29 A. LOINGER, Rend. Acc. Lincei *18*, 309 (1955).
30 C. TEITELBOIM, Phys. Rev. *D1*, 1572 (1970), and related references on this subject.
31 T. C. MO, C. H. PAPAS, Phys. Rev. *D4*, 3566 (1971).
32 M. SORG, Z. Naturforsch. *29a*, 1671 (1974); Z. Naturforsch. *31a*, 664 (1976); Z. Naturforsch. *31a*, 1133 (1976).
33 P. CALDIROLA, Nuovo Cim. *3*, Suppl. 2, 297 (1956).
34 P. CALDIROLA, Nuovo Cim. Lett. *15*, 486 (1976).
35 C. J. ELIEZER, Proc. Camb. Phil. Soc. *46*, 199 (1950).
36 D. BOHM, M. WEINSTEIN, Phys. Rev. *74*, 1789 (1948).
37 L. PAGE, Phys. Rev. *11*, 376 (1918).
38 G. A. SCHÖTT, Phil. Mag. *3*, 739 (1927).
39 H. LEVINE, E. J. MONIZ, D. H. SHARP, Am. J. of Phys. *45*, 75 (1977).
40 L. LANZ, Nuovo Cim. *23*, 195 (1962).
41 P. CALDIROLA, Nuovo Cim. Lett. *16*, 151 (1976); Nuovo Cim. Lett. *17*, 461 (1976).
42 P. CALDIROLA, Nuovo Cim. Lett. *18*, 465 (1977).

L'Europa fra passato e avvenire

ANTONIO TATTI
Roma

Durante il quarto di secolo appena trascorso dalla sua nascita, la Comunità europea si è confermata come un 'sistema di crisi', non soltanto per la capacità di fronteggiare o assorbire una serie pressoché ininterrotta di difficoltà, blocchi, arretramenti e sviamenti, ma anche, e forse soprattutto, nel senso che essa stessa si è comportata come un generatore di crisi al suo interno e nei rapporti con l'esterno.

È quanto è accaduto ogni volta che la sua logica interna, variamente definita comunitaria, sopranazionale o federale, comunque innovativa e perciò destabilizzante, ha tentato di imporsi all'ordine prescelto dagli stati. Le sconfitte, pur non avendolo lasciato del tutto indenne, non hanno fatto perdere al sistema comunitario la sua propria identità e motivazione. Ciò gli ha permesso di conservare un notevole potere di attrazione come modello alternativo di organizzazione degli stati e delle loro relazioni, sebbene non si possa obiettivamente dire che i suoi contorni e contenuti siano precisi e accettati. Funzionalisti, confederalisti e federalisti lo descrivono e giudicano in modo diverso, riconoscendogli però tutti il merito storico di primo tentativo durevole di unificazione dell'Europa occidentale, dopo gli attraenti ma teorici progetti di unione e di pace, fioriti dai tempi di Dante in poi, e dopo le rovinose e provvisorie unificazioni per conquista.

Se alle piccole frequenti crisi si deve l'irrobustimento delle istituzioni comunitarie, ormai mitridatizzate, alle crisi maggiori, storiche, si deve la conferma della loro più profonda ragion d'essere. Tali crisi e il loro senso sembra opportuno tenere presenti allorché ci si proponga di compiere, come *Scientia* fa a partire da questo numero, un esame dei principali problemi e delle prospettive a breve e medio termine del processo di integrazione dei Nove, anche in relazione con il resto d'Europa e del mondo. Le esigenze e le soluzioni che a quelle crisi portarono sono ancora attuali, anche se le circostanze sono profondamente mutate.

Si pensi al tentativo di creare un esercito federale a sei (Comunità europea di difesa, CED), fallito nell'agosto 1954 insieme con il progetto, logico anche se forse avventato, di creargli il necessario supporto di un potere al di sopra degli stati (Comunità politica europea, CEP) titolare della politica estera di cui ogni politica di difesa non è che un'espressione.

Crollò in quella circostanza l'illusione, indotta dal successo della CECA (1951), di vedere propagarsi in altri settori e ad altri organismi il germe federale contenuto nelle strutture della prima Comunità.
La tentazione di un '*forcing*' in direzione federale si ripresenta ora che finalmente si cerca di dare attuazione al progetto quasi ventennale di elezione diretta del Parlamento dei Nove. Molti gruppi di pressione vorrebbero che questa assemblea assumesse poteri costituenti, altri sfumano la pretesa parlando di un generico 'ruolo costituente', altri infine si accontenterebbero che si desse poteri un po' più ampi di quelli attuali. Forse, almeno per ora, non accadrà nulla di tutto questo. Ma partiti ed elettorati hanno dato più volte in Europa prova di poter correggere il corso governativo degli avvenimenti: caduta di Adenauer e di de Gaulle, referendum in Norvegia e in Italia, ingresso di parlamentari comunisti nelle assemblee della Comunità, del Consiglio d'Europa e dell'UEO. Quali obiettivi e vie sceglierà per manifestarsi in modo significativo e coerente con l'inedito mandato la coorte di 410 deputati che 183 milioni di elettori europei manderanno a Strasburgo, forse fin dall'estate 1978?

Ma altre grandi crisi sono là per segnalare la direzione non sempre mantenuta e il senso sviato del processo integrativo, che oggi sembra unire una più pressante necessità e urgenza ad un'accresciuta problematicità. Il fallimento, tra il 1960 e il 1962, del tentativo di soddisfare con una formula confederale l'interesse dei Sei ad una collaborazione politica istituzionalizzata, comprensiva dei settori fondamentali (esteri, difesa, economia, scuola e cultura) fu dovuto non tanto al disegno egemonico del generale de Gaulle, quanto al rifiuto degli altri cinque che quel disegno subirono per un decennio, traendone qualche profitto, ma mai accettarono. La difesa della Comunità e del suo spirito durante gli anni bui del gollismo fu merito uguale di Walter Hallstein, presidente della Commissione, tenace anche se poco duttile, e di almeno tre paesi membri, quelli del Benelux.

Eventuali progetti organici di tipo confederale neppure oggi troverebbero sufficienti consensi, come dimostrano da un lato lo scarso entusiasmo, pari all'incidenza politica, che accompagna i trimestrali incontri del Consiglio europeo e, dall'altro lato, la diffusa delusione con cui è stato accolto il Rapporto Tindemans sull'Unione europea. Si può constatare inoltre che alla reazione di rigetto, che invariabilmente colpisce i disegni organici confederali, aggiuntivi o sostitutivi rispetto alle esistenti Comunità, si affiancano tuttavia la propensione dei governi, incapaci di volere altro, e quella dei gruppi di pressione, incapaci di esigerlo, ad accontentarsi, in attesa del meglio, di meccanismi istituzionali intergovernativi che consentono di mantenere viva la cooperazione e, indirettamente, la benefica tensione fra soluzioni adeguate ai bisogni ma per il momento inattuabili, e soluzioni inadeguate e al limite dannose, aventi il pregio della praticabilità.

Ma questa ambiguità di comportamento dei partners, dalla quale non sono immuni gli stessi ambienti comunitari, inclini ad un possibilismo acquiescente talora paralizzante, quali effetti avrà alla distanza sul destino dell'auspicata unificazione, che sembra obiettivo gradevole fino a che comporti negoziati e facili accordi ed entra invece in crisi dinanzi alle necessarie rotture con l'esistente e con il passato?

Le istituzioni a sei e poi a nove hanno appreso a proprie spese l'importanza e il prezzo delle buone relazioni coi governi. Queste tuttavia non sempre sono state sufficienti a garantire il successo della loro azione, volta a dare agli obiettivi dei trattati la piena attuazione nei tempi previsti. Lo dimostrò in modo drammatico il fallimento del 'grande balzo' tentato da Hallstein nel 1965, quando fece precise proposte per l'acquisizione da parte della Comunità dell'autonomia finanziaria e per l'aumento dei poteri del Parlamento europeo. Nessuno osò obiettare circa la correttezza giuridica e sui vantaggi pratici della proposta, oltreché sul suo peso ai fini dello sviluppo delle istituzioni. Solo il generale de Gaulle, forse l'ultimo grande interprete dello stato nazionale sovrano di tradizione euroccidentale (che Luigi Einaudi giudicava fin dal 1918 « un anacronismo storico »), la considerò poco meno che una bestemmia politica, un atto di superbia e di insubordinazione e un grave attentato, da parte dei tecnocrati 'apatridi e irresponsabili' di Bruxelles, alla sovranità della Francia, cui peraltro venivano assicurate vistose contropartite finanziarie.

Scoppiò così la crisi della 'sedia vuota' (luglio 1965-gennaio 1966), durante la quale i cinque, intimiditi e delusi ma soprattutto a corto di inventiva e capacità d'iniziativa, attesero a Bruxelles il ritorno dei rappresentanti del generale. Il quale non mancò di dettare le sue pesanti condizioni ('eptalogo di Lussemburgo'), la più grave delle quali fu il seppellimento del metodo della maggioranza, principio base della vita comunitaria e democratica, e l'imposizione della decisione all'unanimità (diritto di veto) ogni qualvolta un membro l'avesse richiesta a tutela del proprio interesse.

Il doppio 'grande balzo', dall'economico al politico e dal sovranazionale al federale, si risolveva così in un imprevisto e penoso arretramento. Il crollo della dottrina dello sviluppo comunitario in direzione federale come prodotto necessario e automatico della dinamica dell'applicazione dei trattati, travolse anche un'altra certezza, sulla quale Hallstein aveva insistito troppo sino a farne un dogma e un mito: quella della irreversibilità del processo comunitario.

Ammoniti da questa non dimenticata esperienza (nessuno ha finora annunciato formalmente il ritorno alle decisioni a maggioranza, anche se previste dal trattato), saranno i Nove ancora troppo esitanti per far progredire la loro integrazione oppure finalmente, abbastanza chiaroveggenti e arditi da individuare e realizzare qualche obiettivo comune, in

uno dei tanti campi, vecchi e nuovi, aperti alla loro cooperazione? Pensiamo alla moneta, agli investimenti, alla disoccupazione, agli squilibri regionali, all'energia e alla ricerca scientifica, ma anche alla democratizzazione delle istituzioni europee, ai diritti dell'uomo, alla tutela dei consumatori, alla difesa delle classi deboli e degli emarginati, alla lotta contro l'inquinamento, allo sviluppo dell'educazione permanente e della formazione professionale, per non dire della politica estera e della difesa (della quale a livello comunitario ci si ostina a non parlare). Tuttavia, contro il ripetersi di facili illusioni, converrà aggiungere che non c'è situazione storica che comporti, per il fatto di essere particolarmente pericolosa, di uscirne bene automaticamente.

Certo il numero, la gravità e l'urgenza dei problemi di fronte ai quali i Nove si trovano, sono tali da esigere pronti interventi. Si tratterà di interventi complessi, nei settori più disparati, e implicanti obiettivi necessariamente a breve, medio e lungo termine. Perché non si esauriscano in gesti isolati e limitati dalla spinta del contingente, essi dovranno essere preceduti da uno sforzo di analisi comune condotta col proposito di estrarne le linee maestre di un disegno politico e operativo, entro il quale situarli in modo graduale coerente. Ma, come spesso accade, la varietà e l'urgenza dell'azione richiesta si combina, non senza effetti nefasti, con la mancanza di un progetto globale comune. Al quale tuttavia, attingendo alle origini della Comunità, si potrebbe ancora pervenire «con sforzi creativi adeguati alla gravità dei pericoli che ci minacciano» (Robert Schuman, Dichiarazione del 9 maggio 1950).

Purtroppo, quale sia in questa materia il grado di creatività progettuale delle istituzioni ufficiali, lo si può dedurre dal Rapporto di Leo Tindemans, il primo ministro belga che ha cercato di delineare, al termine di una larga consultazione, una «concezione d'insieme dell'Unione europea» per conto dei Nove, che si erano riproposti di costituirla entro il 1980. Il Rapporto, elaborato nel 1975 ma mai seriamente discusso dai committenti, avrebbe dovuto delineare uno sviluppo qualitativo e non meramente sommatorio dell'attuale modello di cooperazione, dei suoi obiettivi e dei suoi mezzi e metodi. In realtà è venuto meno alla generale aspettativa. Vi si accoglie, fra l'altro, l'ipotesi dell'«Europa a due marce»: quella veloce dei paesi ricchi e quella lenta dei paesi in ritardo, dei quali si istituzionalizza l'arretramento relativo. E alla «Europa del cittadino» si riservano poche pagine, prive di contenuto significativo.

Fuori dei documenti ufficiali, molti dati e prospettive recenti conferiscono intanto al problema Europa nuovi significati e domandano soluzioni diverse da quelle finora immaginate o apportate. L'avvento sulla scena interna e internazionale dei partiti eurocomunisti; l'aumento percentuale dell'opinione pubblica favorevole a istituzioni politiche sopranazionali (v. il periodico sondaggio 'Eurobaromètre', a cura della CEE); l'impegno che, con varia difficoltà, i Nove stanno portando avanti per l'elezione diretta

del Parlamento; la decisione di sindacati e partiti di rafforzare la loro collaborazione a livello europeo e di attivare forme di coordinamento; il fenomeno, crescente in Europa, della creazione o rinascita di entità territoriali sub statali, intermedie e di base, per la gestione dei bisogni sociali primari, e la corrispondente dislocazione di competenze e poteri dal governo centrale alle autonomie periferiche; l'affacciarsi alla soglia della Comunità dei paesi dell'Europa meridionale, economicamente deboli, ma in cui sono in corso vivaci processi di democratizzazione; l'evoluzione più recente delle situazioni interne negli Stati Uniti, nell'Unione Sovietica e nei paesi della sua area, nella Cina popolare e nel Terzo e Quarto mondo; la tensione unificante della battaglia per i diritti civili: sono tutte forze, spinte e tendenze che sembra verosimile pensare possano trovare un loro luogo geometrico, in cui realizzarsi e convivere, piuttosto in un nuovo modello di organizzazione statuale e internazionale di tipo federale, che non negli attuali ambiti riduttivi offerti da un lato dagli stati nazionali e dall'altro dai blocchi chiusi.

È in questo quadro, peraltro largamente evolutivo, che un numero crescente di europei ritiene utile assumere un nuovo impegno di riflessione e di proposta, al quale *Scientia* intende contribuire, fedele ad una tradizione che l'ha vista sempre operare, in nome della ragione e della scienza, al di sopra delle frontiere e per la più ampia collaborazione fra gli uomini.
I primi due contributi di una serie, che qui di seguito presentiamo, sono del Prof. Léo Moulin, sociologo, dell'Università di Namur, e del Prof. Antonio Papisca, politologo, dell'Università di Catania. Essi furono elaborati in occasione del convegno su *Le citoyen et l'Union européenne*, organizzato a Torino il 21 e 22 ottobre 1976 dal Movimento per l'integrazione universitaria europea, MIUE, in collaborazione con le Comunità europee, al quale presero parte un centinaio di docenti universitari di dieci paesi.
Il primo contributo ci sembra una stimolante risposta al quesito: quale sia il senso del rapporto che ancora è possibile instaurare fra la dimensione sommersa dell'iceberg Europa, cioè fra i millenni della sua storia e civiltà nate e cresciute nel segno della diversità e del conflitto (ma di cui forse un po' per retorica, un po' per superficialità e un po' per '*wishful thinking*' sopravvalutiamo il momento unitario) e la condizione odierna nella quale, emigrato altrove il lungo primato scientifico, tecnologico, politico e militare, l'Europa è alla ricerca di una sua identità per il presente e per l'avvenire.
Il contributo del Prof. Papisca approfondisce una delle cause della debolezza del processo di integrazione europeo: l'assenza di strutture che consentano, ai vari livelli, la partecipazione dei cittadini.
Dal canto suo, *Scientia* sarebbe lieta di ospitare il dibattito sugli argomenti di questi due studi e di quelli che seguiranno.

A. T.

VIENT DE PARAÎTRE

INDEX GENERALIS 1907-1975

de

SCIENTIA

Revue internationale de synthèse scientifique

Présenté par le Professeur Giuseppe Montalenti de l'Institut de Génétique, Faculté des Sciences de l'Université de Rome.

L'Index Generalis compte 100 pages. Dans cet Index son groupés plus de 3.500 articles de scientifiques du monde entier publiés par Scientia pendant 70 ans - presque une histoire de la pensée scientifique de notre siècle.

Les principes suivis dans la rédaction de cet Index sont expliqués dans une Legenda qui précède le volume.

L'élaboration des données a été confiée au CNUCE, Institut du CNR.

Prix du volume: Europe 2.500 lires, autres Pays $3.50

Adressez vos demandes à:

SCIENTIA - Edizioni speciali - Via Guastalla 9 - 20122 Milano

Europe between Past and Future

ANTONIO TATTI
Roma

During the quarter of a century that has elapsed since its birth, the European Community has proved to be a 'crises system', not only because of its capacity to deal with or absorb a virtually uninterrupted series of difficulties, blocks, withdrawals and deviations but also, and perhaps above all, in the sense that it has behaved as a generator of crises both within itself and in its relations with the exterior.

This has happened each time its internal logic, variously defined as communitary, supranational or federal, in any case innovative and therefore destabilizing, has attempted to go against the pre-ordained order of the states. Although not unmarked by its defeats, the community system has not lost its identity and motivation.

It has thus succeeded in retaining quite a high degree of attraction as an alternative model of organisation of the states and their relations, although objectively it cannot be said that its features and contents are precise and have been accepted. Functionalists, confederalists and federalists describe and judge it in different ways, although they all acknowledge that it has the historical merit of being the first lasting attempt to unify Western Europe after the attractive but theoretical projects of union and peace that had sprung up from the time of Dante on, and after the disastrous and shortlived unifications by conquest.

If the small, frequent crises are responsible for the strengthening of the now mithridated community institutions, the greater, historical crises are confirmation of their deeper reason for being. These crises and their significance might well be taken into account when, as *Scientia* will do starting from this number, it is intended to examine the main problems and the short and medium term prospects of the process of integration of the Nine, also in relation to the rest of Europe and the world. The needs and solutions that led to these crises are still of topical interest even though the circumstances have changed profoundly.

An example of this is the attempt to create a six-member federal army (European Defence Community) which failed in August 1954 together with the logical, although perhaps also reckless, plan to create for it the necessary support of a supra-state power (European Political Community) responsible for foreign policy, of which any defence policy is merely an expression. This event marked the collapse of the illusion induced by the success of the CECA (1951) that the federal germ contained in the structures of the first community could spread to other sectors and organisms.

The temptation to push events in a federal direction has risen again now that an attempt is finally being made to implement the plan, now nearly twenty years old of direct election to the parliament of the Nine. Many pressure groups would like to see this assembly with constituent powers, some gloss over the matter and speak of a general 'constituent role' while others would be satisfied if it was given slightly wider powers than it already has. Perhaps, at least for the time being, none of these

things will happen. However, both parties and voters in Europe have, on several occasions, shown themselves capable of correcting the course set by governments, e.g. the fall of Adenauer and de Gaulle, referendums in Norway and Italy, the admission of Communist MP's to the Community assemblies, the European Council and the WEU. What objectives and paths will be chosen to express themselves significantly and consistently by the contingent of 410 deputies that 183 million European voters will send to Strasbourg with an unprecedented mandate, perhaps as early as the Summer of 1978?

But there are other great crises to mark the uncertain path and deviated sense of the integration process which today seems to be accompanied by a feeling of greater need and urgency and an increasing number of problems. The abortive attempt between 1960 and 1962 to satisfy, by means of a confederal formula, the interest of the Six in an institutionalized political cooperation including the fundamental sectors (foreign affairs, defence, economy, education and culture) was not so much due to General de Gaulle's hegemonic plans as to the refusal by the remaining five who had to contend with these plans for a decade, receiving some benefits from it but never accepting it. The defence of the Community and its spirit during the dark age of Gaullism was shouldered equally by Walter Hallstein, the tenacious but unbending chairman of the Commission, and of at least three member countries, i.e. Benelux.

Even today, organic projects of a confederal type would get a lukewarm reception, as is shown by the lack of enthusiasm, and of political weight, accompanying the quarterly meetings of the European Council as well as by the widespread disappointment caused by the Tindemans Report on European Union. It can also be observed how the rejection reaction that is invariably set off by organic confederal projects to add to or replace the existing Communities is accompanied by the tendency of the governments, incapable of desiring anything else, and that of the pressure groups, incapable of exacting it, to accept, in the hope that something better will turn up, intergovernmental institutional mechanisms allowing cooperation to be kept alive as well as, indirectly, the beneficial tension between solutions suited to requirements that cannot be implemented for the time being, and unsuitable solutions, that could even be detrimental, but having the merit of being practical.

But what will be the long-term effects of this ambiguous behaviour of the partners, which affects also the community environments themselves, which often tend towards a paralysing, acquiescent possibilism, on the destiny of the much-desired union which, so long as it involves negotiations and easy agreements, appears as a pleasant objective, but is in trouble in the face of the necessary break with existing features and the past?

The institutions of the Six, and later of the Nine, have learnt to their cost the importance of and the price to be paid for good relations with the governments. These relations have not always been sufficient to guarantee the success of their action aimed at fully implementing the objectives of the treaties within the scheduled period. This was demonstrated dramatically by the abortive 'great leap' attempted by Hallstein in 1965 when he made definite proposals fo conferring financial autonomy on the Community and for increasing the powers of the European Parliament. Nobody dared raise any objections concerning the legality of or the practical benefits deriving from the proposal or the weight it would carry in the development of the institutions. Only General de Gaulle, perhaps the last great exponent of the sovereign state of West European tradition (which as early as 1918 Luigi Einaudi had defined as « a historical anachronism ») considered it as

tantamount to political blasphemy, an act of arrogance and insubordination and a dangerous attempt by the 'stateless and irresponsible' Brussels technocrats on French sovereignty, in spite of the considerable financial advantages granted to this country in exchange.

The result was the crisis of the 'empty chair' (July 1965 - January 1966) during which the five, intimidated and disappointed but above all lacking in inventiveness and initiative, awaited the return to Brussels of the general's representatives. The general did not fail to dictate his onerous conditions ('the heptalogue of Luxembourg'), the most serious of which was the elimination of the majority system, i.e. the basic principle of community and democratic life, and the imposition of unanimous decision (right of veto) any time a member requested it to protect his own interests.

The dual 'great leap' from the economic to the political, and from supranational to federal, thus turned out to be an unexpected and pitiful retreat. The collapse of the doctrine of community development in a federal direction as a necessary and automatic product of the dynamics of treaty implementation upset another certainty as well, on which Hallstein had perhaps insisted so much that it became a dogma and a myth, i.e. the irreversibility of the community process.

Made cautious by this unforgotten experience (no one has yet formally announced the return to the majority decision-making laid down by the treaty) will the Nine still be too hesitant to push their integration forward, or will they finally be clear-sighted and bold enough to select and achieve a few common objectives in one of the many fields, old and new, open to their cooperation, e.g. currency, investments, unemployment, regional imbalances, energy and scientific research, but also the democratization of European institutions, human rights, consumer protection, protection of the weaker classes and the socially handicapped, the anti-pollution campaign, the development of permanent education and professional training, as well as foreign policy and defence (which is deliberately avoided in discussions at community level). However, to ward off facile illusions, it must be added that no historical situation exists which, by virtue of the fact that it is particularly dangerous, guarantees that its outcome will automatically be positive.

It is true that the problems facing the Nine are so numerous, serious and urgent that they call for rapid action. This action is complex, involves widely varying sectors and necessarily implies the existence of short, medium and long-term objectives. If this action is not to be isolated and subject to contingent limitations, it must be preceded by a common analysis carried out with the determination to establish the main lines of a political and operational plan in which it can be set gradually and consistently. But, as often happens, the varied nature and urgency of the required action is accompanied, and not without untoward effects, by the lack of a common global plan. This plan, however, could be drawn from the Community origins by means of « creative efforts commensurate with the seriousness of the perils threatening us » (Robert Schuman, Declaration of May 9th, 1950).

Unfortunately, the degree of planning creativity possessed by the official institutions can be deduced from the Report written by Leo Tindemans, the Belgian prime minister who, after wide-ranging consultations, attempted to set out an « overall conception of European Union » on behalf of the Nine, who had planned to achieve it by 1980. The Report was drawn up in 1975 but has never been seriously discussed by those who commissioned it. It was supposed to delineate a qualitative development and not merely a summation of the present cooperation model, of its objectives and of its means and methods. In actual fact, it is something less than

was expected. It contains, among other things, the hypothesis of a « two-speed Europe »: the fast one comprising the rich countries and the slow one of the backward countries whose relative backwardness is institutionalized. Only a few pages lacking any significant content are devoted to the « Europe of the citizen ».

Outside the official documents, many data and recent forecasts have given new meaning to the European problem and call for solutions that are different from those so far imagined or put forward. The appearance on the domestic and international scene of the Eurocommunist parties; the percentage increase in the public opinion favourable to supranational political institutions (see the periodic poll 'Eurobaromètre' edited by the EEC); the Nine's endeavour, in spite of numerous difficulties, to achieve the direct election of the Parliament; the decision of trade unions and parties to strengthen cooperation at European level and to set up forms of coordination; the growing phenomenon in Europe of the creation or revival of intermediate and basic sub-state territorial entities catering for primary social needs and the corresponding devolution of responsibility and power by the central government to the local authorities; the approach to the Community of the economically weak Southern European countries in which, however, lively processes of democratization are under way; the latest developments in the internal situations of the United States, the Soviet Union and countries in its area, in the People's Republic of China and the Third and Fourth worlds; the unifying tension of the battle for civil rights — these are all forces, pressures and tendencies which seem more likely to find a geometric location in which to develop and coexist in a federal type state and international organisation than in the present-day reductive environments offered by national states or by closed blocs.

It is in this highly evolutive context that an increasing number of Europeans consider it useful to subscribe to a fresh endeavour of reflection and proposals to which also *Scientia* intends to contribute, thereby keeping faith with a tradition according to which, in the name of reason and science, it has always acted across the frontiers and to increase cooperation between men. The first two contributions of a series presented hereafter are by Prof. Léo Moulin, sociologist, of the University of Namur, and Prof. Antonio Papisca, politologist, of the University of Catania. They were written for the congress on *Le citoyen et l'Union européenne* organised at Turin on October 21-22, 1976 by the Movement for European University Integration with the collaboration of the European Communities and at which some hundred academics from ten countries participated.

The first contribution appears to provide a stimulating answer to the question: what is the significance of the relationship that it is still possible to set up between the hidden dimension of the European iceberg, i.e. between its millennia of history and civilisation born and developed in diversity and conflict (but whose unitary nature we tend to overestimate, partly out of rhetoric, partly out of superficiality and partly wishful thinking) and the current situation in which, with its scientific, technological, political and military supremacy having emigrated elsewhere, Europe is in search of an identity for the present and for the future.

Prof. Papisca's contribution investigates one of the causes of the weakness of the process of European integration, i.e. the absence of structures allowing its citizens to participate at various levels.

Scientia would be delighted to provide space for a debate on the subjects discussed in these two studies and those that will follow.

A. T.

Translation: I. McGILVRAY - ROMA

Identité européenne et système de valeurs

LEO MOULIN
Facultés Universitaires de Namur

I INCERTITUDES EUROPÉENNES

Géographiquement, l'Europe n'est ni définie, ni définissable. Politiquement, elle n'existe pas. Idéologiquement, elle est coupée en deux. Economiquement, elle est fragmentée. Historiquement, elle a fluctué, au gré des siècles, entre les nostalgies du Saint Empire Romain, les rêves d'hégémonie française ou allemande, la menace (évanouie) des Turcs, l'hostilité britannique aux diverses tentatives d'unification, et l'impérialisme colonisateur. *Qu'est-ce que l'Europe*? Celle du XIII[e] siècle? Celle de la Renaissance? Celle des nationalités? Faut-il inclure dans son patrimoine historique les Inquisitions, les Buchenwald, les Goulag, les guerres fratricides, les tyrannies sanglantes, qui ont scandé toute son histoire? Ou ne prendre que l'actif, dans ce qu'il a de conforme à ses traditions?

Ses relations avec ses deux 'filles', la Russie et les Etats-Unis, sont ambiguës: cette ambiguïté — dans quelle mesure ces deux Puissances l'acceptent-elles comme telle? Dans quelle mesure sont-elles une préfiguration de ce qu'elle sera? — en passionnalisant le problème, rend plus difficile encore sa propre définition.

La situation est identique, encore que pour des raisons fort différentes, vis-à-vis du Tiers et du Quart Mondes: ceux-ci projettent de l'Europe une image ténébreuse, partiale et injuste, historiquement fausse, mais qu'une partie de l'opinion publique européenne accepte, ce qui contribue à rendre plus flous encore les contours du concept Europe.

Qu'est-ce donc que l'Europe? *Comment*, selon quels critères, est-il donc possible de définir l'Europe? Cette définition est-elle *une raison d'être* pour l'Europe? Autrement dit, l'Europe, *parce qu*'elle est l'Europe, avec ses traditions, ses constantes et ses génératrices, a-t-elle une raison de *se vouloir* l'Europe, de se construire en tant qu'Europe, et de cesser d'être cette « Nave sanza nocchiere in gran tempesta », dont parle le Poète? C'est à répondre à ses questions que vont s'employer les pages qui suivent.

II CRITÈRES POUR IDENTIFIER L'EUROPE

Imaginons un être débarquant de quelque très lointaine planète, et qui, néanmoins, connaîtrait le passé de notre Terre et l'envelopperait d'un seul regard.

A quoi identifierait-il l'Europe? Ses critères seraient:
— La méthode rationnelle-inductive, dite scientifique, « méthode générale de recherche de 'vérités relatives', avec définition rigoureuse des limites dans lesquelles ces vérités sont acceptables et peuvent être acceptées par tous » (J. Hamburger).
— L'Europe, patrie des Prix Nobel des sciences. L'Europe, mère des Universités.
— La supériorité technologique, fort ancienne (XII^{e}-XIII^{e} siècle, au moins), liée à sa conception de l'Homme, et qui n'a fait que s'accentuer depuis.
— L'épanouissement du rationalisme déductif. La volonté de rationaliser les conduites et les attitudes.
Pour ma part, je tiens pour assuré que le surgissement de ces phénomènes s'explique, en ordre principal, par le christianisme. Et nous dirons pourquoi un peu plus loin.
Retenons seulement ici que la spécificité de l'Europe se définit, au premier abord, par la méthode scientifique, la technologie et le rationalisme.
— Sécularisation de la démarche investigatrice, épanouissement du rationalisme déductif, esprit technologique vont assurer le lent et progressif surgissement de ce qu'il est convenu d'appeler « la révolution industrielle » (et avant elle, et la conditionnant, de la révolution agricole) avec les conséquences sociales, culturelles, démographiques, que l'on sait.
— Appliquées à l'Homme et à la Société, la science, la volonté de rationaliser et la technologie assurent une maîtrise sans cesse accrue de la nature — de la matière — des mouvements économiques — des fluctuations socio-politiques — des phénomènes biologiques — et même des conséquences, parfois funestes, de cette maîtrise.
— Une série de valeurs, d'origines gréco-judéo-chrétiennes, qui peuvent se résumer en un mot: personnalisme, et qui s'incarnent:
a) sur le plan institutionnel, dans des régimes de droit;
b) sur le plan politique, dans des régimes de démocratie pluraliste, respectueux des droits de l'Homme et du Citoyen, ainsi que des droits des Minorités, et pourvus de mécanismes d'équilibration homéostatique;
c) sur le plan social, dans des sociétés qui s'efforcent de concilier les droits de l'égalité et les exigences de la liberté (droits des travailleurs — droits de la femme — socialisme);
d) sur le plan socio-culturel, en une longue suite de 'révolutions' (qui, ici encore, ne peuvent s'expliquer que par le terreau chrétien où elles se sont produites), 'révolutions' spirituelles, morales, religieuses, artistiques, technologiques, sociales, politiques, scientifiques, qui font, de l'Europe, le lieu par excellence du Devenir (d'un Devenir pourvu d'un 'sens', c'est-à-dire à la fois 'direction' et 'signification') — de la Remise en question permanente allant jusqu'à la contestation d'elle-même — de l'Innovation, fruit et prolongement de ses traditions les plus anciennes — de l'Activisme conquérant et dévastateur, de l'"Inquiétude', de ce que j'ai appelé l'Aventure européenne (avec ses mythes du dépassement, de la

bravade et du défi: Icare, Prométhée, Sisyphe, Jason — Faust, don Juan, don Quichotte — sans oublier Adam qui voulut « être semblable aux Dieux qui connaissent le Bien et le Mal »).
Au total: « la plus profonde révolution temporelle (j'ajoute: 'et spirituelle') que l'humanité pût éprouver » (A. Comte, 1842);
e) sur le plan des grands rêves collectifs, dans la continuité des millénarismes médiévaux, des utopies renaissantielles et des idéologies de progrès;
f) sur le plan de l'humanité, par une expansion universelle de ses valeurs, de ses techniques, de ses idéologies, de ses systèmes politiques et économiques, de ses aspirations, phénomène unique dans l'histoire, qui fait de la civilisation européenne la première et la seule civilisation à se voir, spontanément, adoptée par les peuples du monde entier.
Ces forces et ces valeurs sont spécifiques de l'Europe. Enracinées au plus profond du terreau historique de l'Europe, leur présence et leur action ne s'expliquent que par le passé de l'Europe. Elles ne prennent leurs dimensions réelles qu'en Europe. Elles conditionnent son avenir.

III VALEURS CHRÉTIENNES ET VALEURS LAIQUES

J'ai dit plus haut, à deux reprises, que les valeurs européennes les plus caractéristiques, de la recherche scientifique au personnalisme, me semblaient être d'origine chrétienne. J'aimerais pouvoir expliquer cette thèse en quelques mots.
D'abord ma conception du Devenir historique. Tout bien réfléchi, je suis plus sensible aux continuités qu'aux ruptures. J'entends par là qu'au-delà, ou, plus exactement, dans les soubassements des sursauts les plus radicaux, se situent des courants bien plus profonds, plus stables, plus permanents qui charrient en eux jusqu'aux valeurs que les 'révolutions' mettent, un instant, en lumière.
Il m'apparaît ainsi que, dans toute rupture, dans toute contre-culture, dans toute crise de civilisation, se manifeste la présence de valeurs qui s'y trouvaient *antérieurement*, qui triomphent (ou paraissent triompher), au nom de leur actualité, ou de leur authenticité, des valeurs précédemment en place, et les marginalisent (ou semblent les marginaliser). En ce sens toute révolution est un retour aux sources: au sens le plus fort, une *'revolutio'*. C'est pourquoi la cassure est toujours beaucoup moins grande qu'il y paraît à première vue: pensons à la révolution française et à ce qu'en dit Alexis de Tocqueville, à la révolution russe, et à ce que Custine disait de la Russie, et même à la 'révolution du nihilisme' nazie et à tout ce qui l'a préparée et légitimée aux yeux du nationalisme allemand.

Une civilisation se présente donc comme une sorte de 'terreau' porteur de toutes les valeurs qui lui sont propres.
C'est une banalité que de dire que le 'terreau' de l'Europe est essentiellement chrétien. En fait, les valeurs de la Grèce et de Rome, ne nous

sont parvenues, n'ont été assimilées par nous, qu'en passant à travers les filtres du message chrétien, et dans la mesure où elles ont été assimilées par lui. Le reste est affaire des érudits qui ont bien peu à voir avec la sensibilité profonde des masses.

Il se fait, d'autre part, que les grandes forces motrices de l'Europe, ses génératrices, qui font sa spécificité et son unicité, sont les notions de Temps, de Progrès, de Révolution, de Socialisme, de Science, de Technologie, de Rationalisme déductif, de Régime de droit, de Pluralisme, de 'Révolution' industrielle, de Sécularisme, d'Humanisme athée, d'Universalisme, etc.

En bref, je crois qu'il y a une forte et très directe corrélation entre le 'terreau' chrétien de notre civilisation et ces grandes forces motrices. Je me suis efforcé d'en faire la démonstration, une première fois, dans une étude intitulée *Une civilisation technicienne*, et publiée dans l'ouvrage collectif qui a pour titre *Valeurs de base de la communauté atlantique* (Leyde, 1961) et une seconde fois, dans l'ouvrage intitulé: *L'Aventure européenne - Introduction à une sociologie du développement économique de l'Occident* et qui a paru, en 1974, dans la Bibliothèque du Collège d'Europe. Je crois ne pas devoir y revenir. Je me permettrai seulement d'ajouter que, ces dernières années, ma réflexion s'est longuement arrêtée sur le phénomène de la sacralisation, ou absolutisation des fondements de la vie politique, et sur les 'religions séculières', fascisme, communisme et nationalisme; et qu'il me semble pouvoir affirmer que nos grandes options politiques — l'idée de révolution, les mythes de la gauche et de la droite, les nostalgies du Paradis perdu, le manichéisme qui sévit dans le monde actuel, ce fameux 'sens de l'Histoire' qui a pris le relais de Bossuet, l'athéisme militant, et jusqu'à la désacralisation du religieux — sont, en germe, dans les structures mentales que des siècles de vie religieuse ont édifiées en nous.

Pour moi, les valeurs dites laïques ne sont, à bien des égards, que des valeurs chrétiennes sécularisées. Leur conflit est purement historique. Il est violent parce que les valeurs laïques — Progrès, Lumières, République, etc. — sont vécues religieusement. Parce que, ayant voulu tuer Dieu, elles ont installé un César, le Parti, l'Etat, la Nation, aux pouvoirs illimités. Parce que le Personnalisme a fait place, de ce fait, à l'individualisme; la Raison naturelle, au rationalisme; la science, au scientisme; la technique aux '*gadgets*' et à la technocratie; la communauté, à la grégarisation.

D'où, dès le XVème siècle, les traumatismes qui frappent notre civilisation: les délires d'érotisme, de '*virtù*', de violence, de cruauté, de fureurs, d'exploits individuels, de terreurs paniques, de désarroi, de '*Melancholia*'. D'où, les religions 'séculières', fascisme, communisme, nationalisme, sans transcendance, c'est-à-dire liberticides et déshumanisantes. D'où la volonté effrénée de monolithisme de ces nouvelles 'religions'.

Je sais évidemment que, historiquement, le message chrétien ne s'est pas toujours présenté sous la forme où je le perçois en affirmant qu'il est

à la source — ni la première, dans le temps, ni la seule — des grandes forces qu'ont fait l'Occident. Si je crois pouvoir l'affirmer c'est, encore une fois, parce que, au-delà de l'événementiel, de la cassure, et des 'révolutions', je crois pouvoir saisir l'essentiel et les continuités, et que c'est cela seul qui peut expliquer le destin singulier de notre 'petite péninsule d'Asie'.

En fait, je crois que nous vivons dans un monde chrétien et tout le monde l'ignore. Les chrétiens parce qu'ils ne savent pas ce qu'est le christianisme et voient le monde d'aujourd'hui à travers le bésicles du XIXème siècle. Les incroyants qui se disent, et se veulent et se croient tels, parce qu'ils voient le monde chrétien, eux aussi, à travers les lunettes, tout aussi déformantes, du siècle des Lumières.

IV UNE CIVILISATION D'UN TYPE UNIQUE

Chrétienne ou sécularisée, la civilisation de l'Europe est un phénomène unique.

D'autres civilisations (aztèque, khmer, maya, bantoue, grecque, latine, chinoise, égyptienne, indienne, etc.) ont connu de très hauts moments de splendeur sur le plan religieux, moral, artistique, politique ou philosophique.

D'autres sociétés ont atteint un très profond degré de perfection et d'équilibre.

Mais la société occidentale est *la seule* qui, tout en ayant accédé à des sommets en tous points comparables aux plus hauts, dans les domaines de l'art, de la spiritualité, de la philosophie, de la vie religieuse, a assuré, à ses membres, le minimum de bien-être matériel qu'exige le respect de la Personne humaine. *La seule* à être « ouverte » (H. Bergson), consciemment et systématiquement pluraliste, diversifiée, multiple, contradictoire, autocontestatrice, tolérante au point de laisser aux ennemis de ses libertés le droit de les menacer jusque dans leurs fondements, *la seule* assimilatrice, et révélatrice, des valeurs d'Autrui.

Diverse et pluraliste, l'Europe l'est par la nature même des différents facteurs qui composent son patrimoine, à savoir:

le message essentiellement libertaire et pluraliste du christianisme; l'humanisme personnaliste; la tolérance à l'égard des minorités marginales; le sens des libertés (communales); les éléments de vie 'démocratique' qui apparaissent très tôt dans son histoire; les techniques électorales développées par l'Eglise, qui reconnaissent explicitement le droit à la diversité des opinions: l'affirmation du droit des peuples à disposer d'eux-mêmes, à parler leur langue, à exalter leur propre culture; la diversité des se provinces et de ses micro-climats culturels qui fait qu'un Prussien n'est pas un Bavarois, un Bordelais n'est pas un Alsacien, un Piémontais n'est pas un Sicilien. Mais tous sont des Européens, parce qu'ils ont tous en commun le même patrimoine, ne serait-ce que la volonté de ne pas

se laisser absorber dans les magmas informes d'un grand Empire unitaire et homogène.
La civilisation européenne est aussi la seule civilisation qui ait tenté (et parfois réussi) d'opérer la fusion de la foi et de la raison; de l'humanisme et de la technique; de l'ordre et du mouvement; de l'être et du devenir; des droits et des aspirations des hommes avec les exigences de la vie en commun; des spontanéités créatrices avec les institutions; des déviances heureuses et des régularités inévitables; des socialisations, partout présentes, sans lesquelles l'individu ne peut s'accomplir, avec le pouvoir d'être à lui-même, son propre Pygmalion; de la tradition et de l'innovation; des valeurs temporelles, les plus imprégnées d'humain, et des valeurs artistiques et spirtuelles les mieux incarnées.
Au total, la civilisation européenne se définit en termes culturels. Il s'ensuit que l'Europe s'étend aussi loin que ses valeurs sont adoptées et pratiquées réellement. Et que la Nation (ou le régime politique) qui les travestit, ou ne les respecte pas, même si elle se situe au coeur de l'Europe historique — tels le III[e] Reich ou les pays du Goulag — n'est pas 'européenne', ou cesse d'être 'européenne'.

V UNE SOCIÉTÉ FRAGILE ET SANS CESSE MENACÉE

Par définition, pareille société et pareille civilisation sont instables et incertaines, fragiles et menacées.
Tous leurs moteurs sont en effet sources de crises et de remises en question: le système politique qui suscite régulièrement de nouvelles orientations; le système économique où jouent les volontés, diverses et changeantes, de millions de consommateurs et de milliers d''entrepreneurs'; la méthode scientifique qui part du postulat que rien n'est acquis définitivement; la technologie qui porte en soi les germes d'incessants renouvellements; les apports des sciences morales, sociales, humaines — la psychanalyse l'ethnologie, la sociologie, la philosophie — qui font vaciller, jusqu'à l'écroulement, l'image de l'homme sur laquelle s'est bâtie notre société; la liberté qui permet de remettre en cause les acquis même de la liberté et le consensus nécessaire à la vie sociale; les tendances égalitaires et grégarisantes qui menacent la liberté; l'organisation même d'une société avancée où les antiques motivations de travail ont cessé d'exercer leur action, sans être remplacées par d'autres; les idéologies qui projettent dans l'avenir les nostalgies ineffaçables des Paradis perdus; les programmes des partis politiques dont l'analyse la plus superficielle met en lumière l'inadéquation à la société de demain, mais qui n'en continuent pas moins à émouvoir la société d'aujourd'hui; l'élaboration même de l'Europe, si lente et si incertaine soit-elle, qui atténue la virulence des nationalismes, sans vraiment rien proposer qui puisse prendre le relais de ces 'religions séculières', avec ce qu'elles charriaient, malgré tout, de motivations profondes au travail et au sacrifice, de sens communautaire,

d'enracinements et de légitime fierté; l'extrême rapidité des changements intervenant dans la société (laquelle, à n'en pas douter, est à la fois un des moteurs de cette société, et la suite logique de l'action des autres moteurs) et qui incite les hommes à nier, ou à minimiser, la présence du Passé, le poids de l'expérience et de la tradition, et à ne privilégier qu'un Futur plus ou moins mythique, avec toutes les incertitudes qu'implique pareille prise de position; l'exaltation de l'Homme, 'à l'image de Dieu et comme à sa ressemblance', débouchant sur l'affirmation mortelle de sa 'divinité': *Homo Homini Deus*, si proche finalement de l'*Homo Homini Lupus* hobbesien.

Résumons-nous: l'Europe, la civilisation européenne, la société européenne, sont naturellement en état de crise. Cette crise est, d'une certaine façon, dans la logique même de l'esprit, des valeurs, de la vision du monde, qui caractérisent et définissent l'Europe. Il faut s'en accommoder.

VI SEPT LEÇONS POUR L'AVENIR

De ces considérations, quelles leçons peut-on tirer quant à l'avenir de la construction européenne? J'en vois au moins sept.

La *première leçon* est que les valeurs européennes sont d'une telle richesse, d'une telle universalité qu'elles sont désormais adoptées par le monde entier (marxisme-stalinisme de la Chine; industrialisation du Tiers-Monde; respect affiché des Droits de l'Homme; alphabétisation; 'socialisme' des peuples pauvres, technologisation; nationalisme, etc.).

Il serait lamentable que l'Europe ne participe pas activement à ce processus mondial d'auto-européanisation.

Pareille attitude ne pourrait que la mener à l'asservissement. En tant que membre de cette communauté, je ne désire aucunement être dominé, fût-ce culturellement, par un quelconque Macédonien, ou devenir le '*graeculus*' d'une Nouvelle Rome.

La *deuxième leçon*: les valeurs européennes sont appelées à entrer dans le patrimoine commun à tous les hommes. Mais elles forment un ensemble spécifique, organique, solidaire, structuré par l'histoire, conforme au génie de cette 'petite péninsule de l'Asie' qui les a élaborées, dont l'unicité est indéniable, et qu'il est difficile de maîtriser.

Il appartient à l'Europe qui a vécu les dures conséquences de la 'révolution' la plus radicale de tous les temps, d'expliquer aux Nations qui s'engagent dans les mêmes voies qu'elle, de quel prix humain et social elle a payé sa réussite, et d'essayer de trouver, autant que faire se peut, des solutions moins coûteuses.

Pour cela, il lui faut continuer, comme par le passé, à vivre pleinement sa propre expérience et à en tirer les enseignements, positifs et négatifs.

La *troisième leçon* est que, nous l'avons dit, l'ensemble des valeurs européennes forme un tout organique, solidaire et structuré. Il serait dangereux,

et contraire au génie de l'Europe, de rejeter, ou de marginaliser, l'une ou l'autre de ces valeurs, la science ou la technologie, l'exaltation prométhéenne de l'homme ou l'industrialisation, car tous sont chargées, chacune à sa façon, du même message profondément humaniste et personnaliste, qui caractérise l'Europe.
Les problèmes sérieux et complexes que posent, par exemple, la société industrielle ou la croissance économique, doivent donc être résolus dans l'esprit et selon les traditions propres au substrat culturel européen, et non par une condamnation aveugle, étrangère à ce substrat, ou par des propositions utopiques, tout aussi étrangères, et tout aussi funestes.
De même, la crise où se débattent bon nombre de régimes de démocratie pluraliste ne peut être résolue, que si l'on en cherche une solution dans un sens respectueux de la dignité de chaque homme, qui est dans le droit fil de la réflexion politique européenne.
L'essentiel est que nous gardions sans cesse à l'esprit les valeurs qui sont les fondements de notre civilisation — respect de la Personne humaine, libertés formelles sans lesquelles il n'est pas de libertés réelles, solidarité, maîtrise de son destin, valeurs qui portent condamnation de tout ce qui, de près ou de loin, fleurent le fanatisme, l'intolérance, la dictature, la technobureaucratie, la domination des partis, le totalitarisme, la prétention à posséder la vérité politique, etc., et que nous efforcions loyalement de les intégrer dans les structures mêmes de notre société et dans les esprits.
Ce qu'il faut éviter, c'est que, pour faire vite, ou par désespoir devant l'ampleur de la tâche, l'Europe afin de se sauver, *propter vitam*, renonce à ces valeurs qui sont sa raison de vivre et d'agir, et consente à *vivendi perdere causas*.

La *quatrième leçon* est que l'Europe doit puiser dans ses traditions le courage nécessaire pour faire face au défi que lui lance l'histoire. Il ne lui servirait de rien, sinon à se déshonorer, de se replier sur elle-même pour éviter les périls. Sa vocation est l'Aventure.
Après tout, nous n'avons jamais été nombreux. Pas plus, proportionnellement, que les Athéniens à Salamine. Au XVI^{e} siècle, la part de la population blanche dans le total de la population mondiale n'était pas plus considérable qu'elle ne l'est aujourd'hui. Mais elle avait du courage et le goût du risque.
Les hordes qui franchirent le Rhin n'étaient ni si nombreuses, ni si bien équipées, que l'Empire romain ne pût leur résister, comme il l'avait fait pendant des siècles. Seulement il y avait belle lurette que Rome avait confié la défense de ses frontières aux Barbares.
C'est ce que, précisément, l'Europe ne doit pas faire.
Ce n'est donc ni une capitulation sans conditions, ni un *mea culpa* collectif, que la mettront à l'abri des asservissements qui la menacent; mais le courage spirituel, la volonté de sauvegarder sa dignité, la recherche active et inventive de la solution qu'il convient d'apporter aux problèmes qui se posent. A elle, en premier lieu, et au reste du monde, ensuite.

La *cinquième leçon* c'est que l'unité européenne est un rêve qui présente bien des dangers. Paraphrasant un mot célèbre, expression du nationalisme le plus pur, je dirai que « l'Europe n'est jamais si bien elle-même » que lorsqu'elle est diversité. Cette diversité qu'est une des formes les plus assurées de sa richesse et sa raison d'être, doit être sauvegardée à tout prix. Mais elle ne peut l'être que par un processus d'intégration, non pas unificatrice, ou homogénéisante, mais respectueuse des réalités européennes et de la vocation de ses peuples. Par un mouvement dialectique allant du divers à l'union des divers, sans jamais oublier que l'union est la seule sauvegarde de la diversité. Ce qui signifie que l'union doit se faire vite.

« Un retour aux égoïsmes et aux barrières nationales, aux antagonismes qui en ont souvent été le résultat », pour reprendre les termes du Rapport Tindemans, ne serait pas seulement un « échec historique » et « l'effondrement des efforts de toute une génération d'Européens»; il sonnerait le glas de l'Europe car le temps perdu ne se retrouve jamais, et s'il n'est peut-être pas déjà trop tard, il est bien temps d'agir si l'on veut sauver l'Europe.

La *sixième leçon*: ayant pris conscience de ce qu'elle est, en soi et pour elle-même, l'Europe doit se définir fermement, par rapport aux régimes dits « de démocratie socialiste » ou « populaire », aux Etats-Unis, aux Tiers et Quart Mondes, en termes de culture, et non en termes de puissance militaire et/ou économique. Moins encore, en termes de crainte, de mépris ou de rancoeur, de sujétion d'isolement ou de révolte contre la perte définitive (et bénéfique) de son hégémonie passée.

L'Europe doit se faire afin que la voix de la mesure et de l'humain se fasse entendre. Afin de bâtir cette société fraternelle et libre dont rêvent les meilleurs esprits et qui « reflète les valeurs qui sont à la fois l'héritage et la création commune de nos peuples» (L. Tindemans). Afin de défendre ses intérêts légitimes qui sont, ou devraient être, les intérêts de tous les hommes.

L'Europe doit retrouver la maîtrise de son destin, en se définissant par elle-même et pour elle-même, et ensuite, par rapport aux autres. Sa vocation millénaire exige qu'elle agisse dans ce sens. Ce n'est qu'ainsi qu'elle pourra faire entendre sa voix, et entamer un dialogue authentique, sans calculs et sans arrière-pensées, avec les peuples du monde entier.

M'est-il permis de proposer encore une *septième leçon*. Elle m'est venue à l'esprit en lisant les très belles pages qu'André Rezler, de l'Institut universitaire d'Etudes européennes de Genève, a consacrées aux sources de l'anti-européanisme intellectuel des intellectuels européens (Bulletin du Centre européen de la Culture, n. 4, Hiver 75-76). Ces sources sont:

Le mythe du Bon Sauvage (l'Ingénu, le Sage Egyptien, le Philosophe Chinois, etc.) éclairé par la morale 'naturelle', par l'instinct 'qui ne se trompe jamais', protégé par une morale 'naturelle', échappant aux dépravations de la civilisation — qui va se continuer dans l'image bakouninienne et marxienne du prolétaire, puis dans l'image, renouvelée, des sages de l'Orénoque et des gourous de l'Inde.

Conclusions culpabilisantes: l'Aventure européenne est, tout à la fois, une erreur et un crime vis-à-vis de l'Humanité. Tout doit être refait de fond en comble, sur d'autres bases (utopiques), selon d'autres principes, si nous voulons retrouver les chaudes communions du Paradis perdu, de l'Homme avant la Faute (et, de plus l'Homme est capable, par ses seules forces naturelles, d'y accéder: bel exemple d'infiltration pélagienne).
Deuxième source: au mythe, typiquement judéo-chrétien, du Progrès, on juxtapose celui du Déclin fatal, issu des mythologies de l'Eternel Retour, ou du Götterdämmerung germanique.
La civilisation européenne est vieille, condamnée à la décrépitude (Burckhardt, Nietzsche, Spengler). Les Barbares (de l'intérieur: les prolétaires de G. Sorel — les Russes pour H. Hesse — les sauvages pour J. P. Sartre ou pour C. Lévi-Strauss) détruiront le Vieux Monde et établiront un Ordre nouveau (car l'on admire l'organisation aztèque ou maoïste, en rêvant d'une société totalement dépourvue de contraintes).
D'où les capitulations actuelles devant les modernes Barbares, et les complicités (cf. Aragon, en 1925: « Nous sommes ceux-là qui donneront toujours la main à l'ennemi »).
Troisième source: sur ce monde entièrement détruit, on pourra rebâtir. Mais si renouveau il doit y avoir, il ne pourra être assuré que par un retour aux sources de l'art populaire, ancestral, archaïque, prolétarien, ou à l'art pur, non médiatisé, de l'Afrique ou de l'Océanie, ou encore, à la méditation transcendantale de l'Inde, détentrice des plus hautes sagesses et des plus profonds mysticismes.
D'où le manque de confiance de l'Europe dans ses propres valeurs, dans les immenses richesses de ses philosophies et de ses mysticismes, de ses arts et de ses sciences. Nourri par ces trois courants séculaires, l'anti-européanisme européen est actif, omniprésent, insidieux, débilitant.
Notons cependant, pour en revenir à notre propos, que, même dans ce qu'il a d'apocalyptique, l'anti-européanisme est encore un produit typiquement européen, le produit d'une Europe qui pousse l'universalisme jusqu'à se définir en privilégiant, mythiquement, les autres continents et les autres civilisations. Tout erroné qu'il soit, il témoigne d'une ouverture aux Autres dont il n'est pas d'autre exemple, et aussi de notre capacité d'avoir mauvaise conscience. C'est tout à notre honneur.
Le drame, aujourd'hui, est que celle-ci qui avait longtemps été dominée et pondérée par l'élan vital qui animait l'Europe, ne trouve plus les obstacles qui s'opposaient à ses déchaînements. Si bien qu'elle en vient à être un des facteurs de notre déchéance (relative) et de nos hésitations (certaines).

L. M.

Colloque organisé à Turin, les 21 et 22 Octobre 1976, par le 'Movimento per la Integrazione Universitaria Europea', en collaboration avec la Commission des Communautés Européennes.

Identità europea e sistema di valori

LEO MOULIN
Facultés Universitaires de Namur

INCERTEZZE EUROPEE - I

Geograficamente l'Europa non è definita né definibile. Politicamente non esiste. Ideologicamente è divisa in due. Economicamente è frammentata. Storicamente essa ha fluttuato, nel corso dei secoli, tra le nostalgie del Sacro Romano Impero, i sogni di egemonia francesi e tedeschi, la minaccia (svanita) dei Turchi, l'ostilità britannica ai vari tentativi di unificazione e l'imperialismo colonizzatore.

Qual è l'Europa? Quella del XIII secolo? Quella del Rinascimento? Quella delle nazionalità? Bisogna comprendere nel suo patrimonio storico le Inquisizioni, i Buchenwald, i Gulag, le guerre fratricide e le tirannie sanguinarie che hanno scandito tutta la sua storia? O bisogna prendere solo l'attivo, per quella parte che si conforma alle sue tradizioni?

Le relazioni dell'Europa con le sue due 'figlie', la Russia e gli Stati Uniti, sono ambigue: questa ambiguità — in che misura queste due potenze accettano l'Europa per quello che essa è? In che misura esse sono una prefigurazione di ciò che essa diventerà? — conferendo una nota passionale al problema, rende ancor più difficile la sua definizione.

La situazione è la stessa, sia pure per motivi molto diversi, rispetto al Terzo e al Quarto Mondo: questi proiettano un'immagine dell'Europa tenebrosa, parziale e ingiusta; storicamente falsa, ma accettata da una parte dell'opinione pubblica europea, il che contribuisce a rendere ancor più fluidi i contorni del concetto di Europa.

Che cos'è dunque l'Europa? *Come*, secondo quali criteri, è dunque possibile definirla? Questa definizione è *una ragione d'essere* per l'Europa? In altre parole, l'Europa, proprio *perché* è l'Europa, con le sue tradizioni, le sue costanti, le sue forze motrici, ha una ragione di *voler essere se stessa*, di costruirsi in quanto Europa e di cessare d'essere quella « Nave sanza nocchiere in gran tempesta », di cui parla il Poeta?

È alle risposte a queste domande che sono dedicate le pagine che seguono.

CRITERI PER IDENTIFICARE L'EUROPA - II

Immaginiamo un essere che sbarchi da qualche pianeta molto lontano ma che, nondimeno, conosca il passato della nostra terra e l'abbracci in un solo sguardo.

In che cosa identificherebbe l'Europa? I suoi criteri sarebbero:

— Il metodo razionale-induttivo, o scientifico, « metodo generale di ricerca di 'verità relative', con cui si definiscono rigorosamente i limiti entro i quali queste verità sono accettabili e possono essere accettate da tutti » (J. Hamburger).

— L'Europa, patria dei premi Nobel per le scienze. L'Europa madre delle Università.

— La superiorità tecnologica, legata alla sua concezione dell'Uomo, che risale almeno ai secoli XII e XIII e che da allora non ha fatto che accentuarsi.

— La fioritura del razionalismo deduttivo. La volontà di razionalizzare i comportamenti e le attitudini.
Per parte mia, considero come assodato che il sorgere di questi fenomeni si spiega, soprattutto, con il cristianesimo. E ne vedremo il perché un po' più avanti.
Soffermiamoci qui solo sul fatto che la specificità dell'Europa è definita, a prima vista, dal metodo scientifico, dalla tecnologia e dal razionalismo.
— La secolarizzazione delle pratiche di ricerca, la fioritura del razionalismo deduttivo e lo spirito tecnologico hanno assicurato il lento e progressivo sorgere di quella che si è convenuta chiamare « rivoluzione industriale» (preceduta e condizionata dalla rivoluzione agraria), con le conseguenze sociali, culturali e demografiche che si sanno.
— Applicate all'Uomo e alla Società, la scienza, la volontà di razionalizzare e la tecnologia assicurano un dominio crescente, senza pause, della natura — della materia — dei movimenti economici — delle fluttuazioni socio-politiche — dei fenomeni biologici — e anche delle conseguenze, talvolta funeste, di questo dominio.
— Una serie di valori, di origini greco-ebraico-cristiane, che si possono riassumere in una parola: personalismo, e che si incarnano:
a) sul piano delle istituzioni, nei regimi di diritto;
b) sul piano politico, nei regimi di democrazia pluralista, rispettosi dei diritti dell'Uomo e del Cittadino, nonché dei diritti delle Minoranze, e provvisti di meccanismi equilibratori omeostatici;
c) sul piano sociale, in società che si sforzano di conciliare i diritti dell'uguaglianza e le esigenze della libertà (diritti dei lavoratori — diritti della donna — socialismo);
d) sul piano socio-culturale, in una lunga successione di 'rivoluzioni' (le quali, ancora una volta, possono spiegarsi solo ricordando il terreno cristiano su cui sono sorte), 'rivoluzioni' spirituali, morali, religiose, artistiche, tecnologiche, sociali, politiche, scientifiche che fanno dell'Europa il luogo, per eccellenza, del Divenire (di un Divenire dotato di un 'senso', vale a dire di 'direzione' e 'significato' insieme) — del continuo Porre in discussione, spinto fino al punto di contestare se stesso — dell'Innovazione, frutto e prolungamento delle sue tradizioni più antiche — dell'Attivismo conquistatore e devastatore, dell''Inquietudine', di ciò che ho chiamato l'Avventura europea (con i suoi miti del superamento, della bravata e della sfida: Icaro, Sisifo, Prometeo, Giasone — Faust, don Giovanni, don Chisciotte — senza dimenticare Adamo, che volle « somigliare agli Dei che conoscono il Bene e il Male »).
In complesso: « la più profonda rivoluzione temporale (e, aggiungo io, 'spirituale') che l'umanità abbia potuto sperimentare » (A. Comte, 1842);
e) sul piano dei grandi sogni collettivi, nella continuità dei millenarismi medievali, delle utopie rinascimentali e delle ideologie del progresso;
f) sul piano dell'umanità, da un'espansione universale dei suoi valori, tecniche, ideologie, sistemi politici ed economici, aspirazioni: fenomeno unico nella storia, che fa della civiltà europea la prima e l'unica civiltà che si è vista adottata spontaneamente dai popoli di tutto il mondo.

Queste forze e questi valori sono specifici dell'Europa. Radicati nel profondo del terreno storico dell'Europa, la loro presenza e la loro azione si possono spiegare solo con il suo passato. Essi assumono le loro dimensioni reali solo in Europa. Essi ne condizionano il futuro.

VALORI CRISTIANI E VALORI LAICI - III

Ho detto sopra, in due occasioni, che mi sembra che i valori più tipicamente europei, dalla ricerca scientifica al personalismo, abbiano origini cristiane. Desidererei poter illustrare brevemente questa tesi.
Anzitutto la mia concezione del Divenire storico. Tutto considerato, mi sento più sensibile alle continuità che alle rotture.

Con ciò intendo che aldilà o, più esattamente, alla base dei soprassalti più radicali, si scorgono delle correnti ben più profonde, stabili e permanenti, che portano con sé quei valori che le 'rivoluzioni' fanno emergere, per un istante, alla luce.
Mi pare quindi che, in ogni rottura, in ogni contro-cultura e in ogni crisi di civiltà, si manifestino dei valori che c'erano già *prima*, e che trionfano (o sembrano trionfare), in nome della loro attualità o della loro autenticità, sui valori precedenti, emarginando questi ultimi (o almeno dando l'impressione di emarginarli). In questo senso ogni rivoluzione è un ritorno alle fonti: una '*revolutio*', nel senso più forte. È per questo che la spaccatura è sempre molto meno grande di quanto non sembri a prima vista: pensiamo alla rivoluzione francese e a ciò che ne ha detto Alexis de Tocqueville, alla rivoluzione russa e a ciò che Custine diceva della Russia ed anche alla 'rivoluzione del nihilismo' nazista e a tutto ciò che l'ha preparata e legittimata agli occhi del nazionalismo tedesco.

Una civiltà si presenta dunque come una sorta di 'terreno' portatore di tutti i valori che le appartengono.
È banale affermare che il 'terreno' dell'Europa è essenzialmente cristiano. In effetti, i valori della Grecia e di Roma ci sono pervenuti, sono stati assimilati da noi, solo passando attraverso i filtri del messaggio cristiano e solo per quel tanto che ne sono stati assimilati. Il resto riguarda gli eruditi, i quali hanno ben poco a che vedere con la sensibilità profonda delle masse.
D'altra parte, è un fatto che le grandi forze motrici dell'Europa, quelle che le danno la sua specificità e unità, sono le nozioni di Tempo, Progresso, Rivoluzione, Socialismo, Scienza, Tecnologia, Razionalismo deduttivo, Regime di diritto, Pluralismo, 'Rivoluzione' industriale, Secolarismo, Umanesimo ateo, Universalismo, ecc.
In breve, credo che vi sia una forte e diretta correlazione tra il 'terreno' cristiano della nostra civiltà e le sue grandi forze motrici. Mi sono sforzato di dimostrare questa tesi, una prima volta, in uno studio intitolato *Una civiltà tecnologica*, pubblicato in una opera collettiva dal titolo *Valori di base della comunità atlantica* (Leida, 1961); e, una seconda volta, in un volume intitolato *L'avventura europea - Introduzione a una sociologia dello sviluppo economico dell'Occidente*, pubblicato nel 1974, nella Biblioteca del Collège d'Europe. Penso di non dover ritornare su quanto detto in questi lavori. Mi permetto solo di aggiungere che, negli ultimi anni, la mia riflessione si è soffermata a lungo sul fenomeno della sacralizzazione o assolutizzazione dei fondamenti della vita politica, e sulle 'religioni secolari': fascismo, comunismo e nazionalismo; e che mi sembra di poter affermare che le nostre grandi opzioni politiche — l'idea di rivoluzione, i miti della sinistra e della destra, le nostalgie del Paradiso perduto, il manicheismo che infierisce nel mondo attuale, questo famoso 'senso della Storia' che ha preso l'avvio da Bossuet, l'ateismo militante, e infine la desacralizzazione del religioso si trovano, in germe, nelle strutture mentali edificate in noi da secoli di vita religiosa.

A mio giudizio, i valori cosiddetti laici non sono, a ben guardare, che dei valori cristiani secolarizzati. Il conflitto tra gli uni e gli altri è puramente storico. Esso è violento perché i valori laici — Progresso, Lumi, Repubblica, ecc. — sono vissuti religiosamente. Perché, avendo voluto uccidere Dio, essi hanno installato un Cesare: il Partito, lo Stato o la Nazione, dai poteri illimitati. Perché, di conseguenza, il Personalismo è sfociato nell'individualismo; la Ragione naturale nel razionalismo; la scienza nello scientismo; la tecnica nei *gadgets* e nella tecnocrazia; la comunità nello spirito di gregge.
Da ciò, i traumi che, dal XV secolo, colpiscono la nostra civiltà: i deliri di erotismo, 'virtù', violenza, crudeltà, furore, imprese individuali, terrori panici, disordine e *Melancholia*. Da ciò, le religioni 'secolari': fascismo, comunismo e nazionalismo, senza trascendenza, cioè liberticide e disumaniz-

zanti. Da ciò la volontà sfrenata di monolitismo di queste nuove 'religioni'.
Mi rendo conto naturalmente che, storicamente, il messaggio cristiano non si è sempre presentato nella forma in cui io lo percepisco, quando affermo che esso è la fonte — non la sola né la prima nel tempo — delle grandi forze che hanno fatto l'Occidente. Se credo di poter affermare ciò è, ancora una volta, perché credo di poter cogliere, al di là della mutevolezza degli eventi, delle fratture e delle 'rivoluzioni', l'essenziale e le continuità; e perché solo così si può capire il destino singolare della nostra 'piccola penisola dell'Asia'.
In effetti, credo che viviamo in un mondo cristiano e che tutti lo ignorino. I cristiani perché non sanno che cos'è il cristianesimo e guardano al mondo d'oggi attraverso gli occhiali del XIX secolo. Quelli che si dicono, si vogliono e si credono non-credenti, perché anch'essi guardano al mondo cristiano attraverso gli occhiali, altrettanto deformanti, del secolo dei Lumi.

UNA CIVILTÀ UNICA - IV

Cristiana o secolarizzata la civiltà europea è un fenomeno unico.
Altre civiltà (azteca, khmer, maya, bantù, greca, latina, cinese, egiziana, indiana, ecc.) hanno conosciuto altissimi momenti di splendore sul piano religioso, morale, artistico, politico e filosofico.
Altre società hanno raggiunto un alto grado di perfezione e d'equilibrio.
Ma la società occidentale è l'*unica* che, pur avendo raggiunto i vertici più alti nel campo dell'arte, della spiritualità, della filosofia e della vita religiosa, abbia assicurato ai suoi membri quel minimo di benessere materiale che è richiesto dal rispetto della Persona umana. L'*unica* ad essere « aperta » (H. Bergson), coscientemente e sistematicamente pluralista, diversificata, molteplice, contraddittoria, capace di autocontestazione, tollerante fino al punto di lasciare ai nemici delle sue libertà il diritto di minacciarle fin nelle loro fondamenta; l'*unica* assimilatrice, e rivelatrice, dei valori dell'Altro.

L'Europa è varia e pluralista per la natura stessa dei diversi fattori che costituiscono il suo patrimonio, vale a dire:
il messaggio essenzialmente libertario e pluralista del cristianesimo: l'umanesimo personalista; i sentimenti di libertà (comunali); gli elementi di vita 'democratica' che compaiono ben presto nella sua storia; le tecniche elettorali sviluppate dalla Chiesa, con le quali si riconosce espressamente il diritto alla diversità delle opinioni; l'affermazione del diritto dei popoli di disporre di se stessi, di parlare la loro lingua e di esaltare la propria cultura; la diversità delle sue provincie e dei suoi climi culturali locali, che fa sì che un prussiano non sia un bavarese, un bordolese non sia un alsaziano, un piemontese non sia un siciliano. Ma tutti sono europei, poiché essi hanno in comune lo stesso patrimonio, non fosse questo costituito da altro che dalla volontà di non farsi assorbire dai magmi informi di un grande Impero unitario e omogeneo.

La civiltà europea è anche l'unica che abbia cercato (talvolta con successo) di realizzare la fusione tra fede e ragione; tra umanesimo e tecnologia; tra ordine e movimento; tra essere e divenire; tra diritti e aspirazioni degli uomini e esigenze della vita comunitaria; tra spontaneità creatrici e istituzioni; tra felici deviazioni e inevitabili regolarità; tra socializzazioni, ovunque presenti e senza le quali l'individuo non può realizzarsi, e la possibilità di essere se stessi, i propri Pigmalioni; fra tradizione e innovazione; tra i valori temporali più impregnati di umano e i meglio incarnati valori artistici e spirituali.
In conclusione, la civiltà europea è definita in termini culturali. Ne segue che l'Europa si estende fin dove sono adottati e realmente praticati i suoi valori. E che la Nazione (o il regime politico) che li svisa o non li rispetta non è 'europea' o cessa d'essere 'europea', anche se si trovasse nel cuore

dell'Europa storica — come nel caso del III Reich o dei paesi del Gulag.

UNA SOCIETÀ FRAGILE E CONTINUAMENTE MINACCIATA - V

Una tale civiltà e una tale società sono, per definizione, instabili e incerte, fragili e minacciate.
Tutte le loro forze motrici sono in effetti fonti di crisi e di situazioni in cui molto viene rimesso in discussione: il sistema politico che suscita continuamente nuovi orientamenti; il sistema economico, in cui giocano le volontà, diverse e mutevoli, di milioni di consumatori e di migliaia di 'imprenditori'; il metodo scientifico che parte dal postulato secondo cui nulla è acquisito definitivamente; la tecnologia che porta in sé i germi di incessanti rinnovamenti; gli apporti delle scienze morali, sociali e umane — la psicanalisi, l'etnologia, la sociologia, la filosofia — che fanno vacillare, fino al crollo, l'immagine dell'uomo sulla quale è stata costruita la nostra società; la libertà, che permette di rimettere in discussione le sue stesse acquisizioni e il consenso necessario per la vita sociale; le tendenze egualitarie e favorevoli allo spirito gregario che minacciano la libertà; l'organizzazione stessa di una società avanzata, in cui le antiche motivazioni al lavoro hanno cessato di agire, senza essere sostituite da altre; le ideologie che proiettano nell'avvenire le nostalgie indelebili dei Paradisi perduti; i programmi dei partiti politici che all'analisi più superficiale si rivelano inadeguati alla società di domani, ma che continuano nondimeno a sollecitare la società d'oggi; l'elaborazione stessa dell'Europa che, per quanto lenta e incerta essa sia, attenua la virulenza dei nazionalismi, pur senza proporre nulla che possa prendere il posto delle 'religioni secolari', con la loro dotazione, nonostante tutto, di motivazioni profonde al lavoro e al sacrificio, di senso comunitario, di radicamenti e di legittima fierezza; l'estrema rapidità con cui avvengono i cambiamenti nella società (rapidità che è senza dubbio una delle forze motrici della società e, allo stesso tempo, il risultato logico dell'azione delle altre forze motrici), che induce gli uomini a negare o a minimizzare la presenza del Passato e il peso dell'esperienza e della tradizione, per non privilegiare che un Futuro più o meno mitico, con tutte le incertezze che una tale scelta comporta; l'esaltazione dell'Uomo, 'a immagine e somiglianza di Dio', che sfocia nell'affermazione mortale della sua 'divinità': *Homo Homini Deus* così vicino in definitiva all'hobbesiano *Homo Homini Lupus*.
Riassumiamo: l'Europa, la civiltà e la società europee, sono naturalmente in uno stato di crisi. Questa crisi deriva, in un certo modo, dalla logica stessa dello spirito, dei valori e della visione del mondo, che caratterizzano e definiscono l'Europa. Bisogna adattarvisi.

SETTE LEZIONI PER L'AVVENIRE - VI

Quali lezioni, per l'avvenire della costruzione europea, si possono ricavare da queste considerazioni? Io ne vedo almeno sette.

La *prima lezione* è che i valori europei sono di una tale ricchezza e di una tale universalità che essi sono ormai adottati nel mondo intero (marxismo-stalinismo della Cina; industrializzazione del Terzo Mondo; rispetto ostentato dei Diritti dell'Uomo; alfabetizzazione; 'socialismo' dei popoli poveri, tecnologizzazione; nazionalismo, ecc.). Sarebbe da rimpiangere il fatto che l'Europa non partecipasse attivamente a questo processo mondiale di auto-europeizzazione. Un tale atteggiamento non potrebbe che condurla all'asservimento. In quanto membro di questa comunità non desidero affatto essere dominato, fosse pure culturalmente, da un qualsiasi Macedone, o diventare il '*graeculus*' di una Novella Roma.

La *seconda lezione*: i valori europei sono destinati ad entrare nel patrimonio comune di tutti gli uomini. Ma essi formano

un insieme specifico, organico, solidale, strutturato dalla storia e conforme al genio, dall'innegabile unicità e di cui è difficile impadronirsi, di questa 'piccola penisola dell'Asia' che li ha elaborati.
Spetta all'Europa, che ha vissuto le dure conseguenze della 'rivoluzione' più radicale di tutti i tempi, spiegare alle Nazioni che imboccano le sue stesse vie, il prezzo umano e sociale che essa ha pagato per il suo successo; e cercare di trovare, nei limiti del possibile, delle soluzioni meno costose.
Perciò, è necessario che l'Europa continui, come nel passato, a vivere pienamente la propria esperienza e a ricavarne gli insegnamenti positivi e negativi.

La *terza lezione* è che, come abbiamo già detto, l'insieme dei valori europei forma un tutto organico, solidale e strutturato. Sarebbe pericoloso e contrario al genio dell'Europa rifiutare o emarginare l'uno o l'altro di questi valori, la scienza o la tecnologia, l'esaltazione prometeica dell'uomo o l'industrializzazione; poiché tutti questi valori sono carichi, ciascuno a suo modo, dello stesso messaggio profondamente umanistico e personalistico che caratterizza l'Europa.
Così, ad esempio, i problemi seri e complessi posti dalla società industriale o dalla crescita economica devono essere risolti nello spirito e secondo le tradizioni proprie del substrato culturale europeo, e non da una cieca condanna, estranea a questo substrato, o da proposizioni utopiche, esse pure estranee e funeste.
Similmente, la crisi in cui si dibatte un buon numero di regimi a democrazia pluralista, non può essere risolta se non cercando una soluzione all'interno del rispetto della dignità di ciascun uomo; rispetto che, nel diritto, è il figlio della riflessione politica europea.
L'essenziale è che noi manteniamo, senza mai perderli di vista, i valori che costituiscono i fondamenti della nostra civiltà — rispetto della Persona umana, libertà formali senza le quali non si danno libertà reali, solidarietà e dominio del proprio destino: valori che portano a condannare tutto ciò che prospera per effetto, più o meno diretto, del fanatismo, della dittatura, della tecnoburocrazia, del dominio dei partiti, del totalitarismo, della pretesa di possedere la verità politica, ecc. — e che ci sforziamo lealmente di integrarli nelle strutture stesse della nostra società e negli spiriti.
Ciò che bisogna evitare è che, per far presto o per disperazione di fronte alla grandezza del compito, l'Europa rinunci, per salvare se stessa, *propter vitam*, a quei valori che sono la sua ragione di vita e di azione, e consenta a *vivendi perdere causas*.

La *quarta lezione* è che l'Europa deve attingere nelle sue tradizioni il coraggio necessario per far fronte alla sfida che le lancia la storia. Il ripiegarsi su se stessa, per evitare i pericoli, non le servirebbe a nulla, se non a disonorarsi. La sua vocazione è l'Avventura.

Dopo tutto, non siamo mai stati numerosi. Non più numerosi, in proporzione, degli Ateniesi a Salamina. Nel XVI secolo, la frazione della popolazione bianca sul totale della popolazione mondiale non era maggiore di quanto lo sia adesso. Ma quella popolazione aveva del coraggio e il gusto del rischio.

Le orde che valicarono il Reno non erano né così numerose né così ben equipaggiate da renderne impossibile la difesa, alla quale l'impero romano aveva provveduto per secoli. Solo che già da un bel pezzo Roma aveva affidato la difesa delle sue frontiere ai Barbari.

È proprio questo, esattamente, che l'Europa non deve fare.

Non sono dunque né una capitolazione senza condizioni né un *mea culpa* collettivo, che porranno l'Europa al riparo dai soggiogamenti che la minacciano; ma il coraggio spirituale, la volontà di salvaguardare la propria dignità e la ricerca attiva e inventiva della soluzione che conviene dare ai problemi che si pongono. Ad essa, in primo luogo, e al resto del mondo, in seguito.

La *quinta lezione* è che l'unità europea è un sogno che presenta molti pericoli. Parafrasando un detto celebre, espressione del nazionalismo più puro, dirò che « l'Europa non è mai così se stessa » che allorché essa è diversificata. Questa diversificazione, che è una delle forme più certe della sua ricchezza e della sua ragion d'essere, deve essere salvaguardata ad ogni costo. Ma ciò è possibile solo attraverso un processo d'integrazione, non certo unificatore o omogeneizzante, ma rispettoso delle realtà e della vocazione dei popoli europei. Attraverso un movimento dialettico che va dal diverso all'unità dei diversi, senza mai dimenticare che l'unione è la sola salvaguardia della diversità. E ciò significa che l'unione si deve fare in fretta.
« Un ritorno agli egoismi, alle barriere nazionali e agli antagonismi che ne hanno spesso costituito il risultato », per dirla con le parole del Rapporto Tindemans, non costituirebbe solamente uno « scacco storico » e « il crollo degli sforzi di tutta una generazione europeistica »; esso suonerebbe a morto per l'Europa, poiché il tempo perduto non si ritrova mai, e, se non è forse già troppo tardi, è senz'altro giunto il momento di agire, se si vuole salvare l'Europa.

La *sesta lezione*: avendo preso coscienza di ciò che è, in sé e per se stessa, l'Europa deve definirsi fermamente, rispetto ai regimi cosiddetti di « democrazia socialista » o « popolari », agli Stati Uniti, al Terzo e al Quarto Mondo, in termini di cultura e non in termini di potenza militare e/o economica. Meno ancora in termini di timore, disprezzo o rancore; di soggezione, isolamento o rivolta contro la perdita definitiva (e benefica) della sua egemonia passata.
L'Europa deve realizzarsi affinché le voci della misura e dell'umano si facciano sentire. Affinché si costruisca questa società fraterna e libera sognata dagli spiriti migliori e che « riflette i valori che costituiscono nello stesso tempo l'eredità e la creazione comune dei nostri popoli » (L. Tindemans). Affinché vengano difesi i suoi interessi legittimi che sono, o dovrebbero essere, gli interessi di tutti gli uomini.
L'Europa deve ritrovare le matrici del suo destino, definendosi da sé e per sé e, in un secondo momento, in rapporto agli altri. La sua vocazione millenaria esige che essa agisca in questa direzione. Solamente così essa potrà far sentire la sua voce e intrattenere un dialogo autentico, senza calcoli né secondi fini, coi popoli di tutto il mondo.

Mi sia permesso di proporre infine una *settima lezione*. Essa m'è venuta in mente leggendo le belle pagine dedicate da André Rezler, dell'Institut universitaire d'Etudes européennes di Ginevra, alle fonti dell'anti-europeismo intellettuale degli intellettuali europei (Bulletin du Centre européen de la Culture, n. 4, Inverno 75-76). Queste fonti sono:

Il mito del Buon Selvaggio (l'Ingenuo, il Saggio Egiziano, il Filosofo Cinese, ecc.) illuminato dalla morale 'naturale', dall'istinto 'che non si sbaglia mai', protetto da una morale 'naturale', che sfugge alle depravazioni della civiltà — che si prolunga nell'immagine bakuniniana e marxiana del proletario e poi, rinnovata, nelle immagini dei saggi dell'Orinoco e dei guru dell'India. Conclusioni che colpevolizzano: l'Avventura europea è, allo stesso tempo, un errore e un crimine contro l'Umanità. Se vogliamo ritrovare la calde comunioni del Paradiso perduto dell'Uomo prima della Caduta (e, naturalmente, l'uomo è capace di raggiungerle con le sue sole forze naturali: bell'esempio d'infiltrazione pelagiana), dobbiamo rifare tutto da cima a fondo, appoggiandoci su altri fondamenti (utopici) e ad altri principi.
Seconda fonte: al mito, tipicamente ebraico-cristiano, del Progresso si contrappone quello del Declino fatale, derivato dalle mitologie dell'Eterno Ritorno o della Goetterdaemmerung germanica.
La civiltà europea è vecchia, condannata ad essere decrepita (Burckhardt, Nietzsche, Spengler). I Barbari (interni: il proletariato

di G. Sorel - i Russi per H. Hesse — i selvaggi per J. P. Sartre e C. Lévi-Strauss) distruggeranno il Vecchio Mondo e fonderanno un Ordine nuovo (poiché si ammira l'organizzazione azteca o maoista, sognando una società totalmente priva di restrizioni). Da ciò le capitolazioni attuali di fronte ai moderni Barbari (cfr. Aragon, nel 1925: « Noi siamo coloro che daranno sempre una mano al nemico »).

Terza fonte: su questo mondo completamente distrutto, sarà possibile ricostruire. Ma se ci sarà un rinnovamento esso sarà assicurato solo da un ritorno alle fonti dell'arte popolare, ancestrale, arcaica e proletaria, o all'arte pura, non mediata, dell'Africa o dell'Oceania, o infine alla meditazione trascendentale dell'India, detentrice delle più alte saggezze e dei più profondi misticismi.

Da ciò la mancanza di fiducia dell'Europa nei propri valori, nelle immense ricchezze delle sue filosofie e dei suoi misticismi, delle sue arti e delle sue scienze.

Nutrito da queste tre correnti secolari, l'anti-europeismo europeo è attivo, onnipresente, insidioso e debilitante.

Notiamo tuttavia, ritornando a noi, che l'anti-europeismo, anche in ciò che esso ha di apocalittico, è ancora un prodotto tipicamente europeo, di un'Europa che spinge il suo universalismo fino al punto di definirsi privilegiando, miticamente, gli altri continenti e le altre civiltà.

Per quanto sbagliato esso sia, l'anti-europeismo testimonia di un'apertura agli Altri, di cui non esiste altro esempio, ed anche della nostra capacità di avere una cattiva coscienza. Tutto ciò torna a nostro onore. Il dramma, oggi, è che questa capacità che per lungo tempo era stata dominata e controbilanciata dallo slancio vitale che animava l'Europa, non trova più gli ostacoli che si opponevano al suo scatenamento. Così essa viene ad essere uno dei fattori della nostra decadenza (relativa) e delle nostre esitazioni (certe).

L. M.

Traduzione: G. Graziola - Milano

Colloquio organizzato a Torino, il 21 e 22 ottobre 1976, dal 'Movimento per la Integrazione Universitaria Europea', in collaborazione con la Commissione delle Comunità Europee.

European Identity and System of Values

LEO MOULIN
Facultés Universitaires de Namur

EUROPEAN UNCERTAINTIES - I

Europe is geographically undefined and undefinable. It is politically non-existent. Ideologically speaking it is cut in half. It is economically fractionated. Historically speaking, over the centuries, it has oscillated between nostalgia for the Holy Roman Empire, the dreams of French or German hegemony, the (averted) menace of the Turcs, British hostility to the various attempts at unification and colonial imperialism.

Which Europe? That of the 13th century? Of the Renaissance? That of the nations? Must one include in its historical heritage the Inquisitions, the Buchenwalds, the Gulags, the civil wars, the bloody tyrannies, with which its history is strewn? Or does one only accept what is positive, in keeping with its traditions?

Its relations with its two 'daughters' — Russia and the United States — are ambiguous. To what extent do these two Powers accept this ambiguity as such? To what extent do they foreshadow what it will become? By introducing passion to the problem, this ambiguity makes it even more difficult to define.

The situation is exactly the same, albeit for quite different reasons, *vis-à-vis* the Third and Fourth Worlds. The latter project an image of Europe which is shadowy, biased, unjust and historically false, but which is accepted by part of European public opinion, which only contributes to making the outline of the concept of Europe even hazier.

What is Europe, then? *How*, according to what criteria, is it thus possible to define Europe? Is this definition a *raison d'être* for Europe? In other words, is Europe, *because* it is Europe with its traditions, its constants and its generatrices, right *to want to be* Europe, to construct itself insofar as it is Europe and to cease being this « Nave sanza nocchiere in gran tempesta », to use the words of the Poet?

An attempt will be made to answer these questions in the pages which follow.

CRITERIA FOR IDENTIFYING EUROPE - II

Let us imagine a being coming from a very distant planet who nevertheless knows the history of our Earth and can embrace it with a single glance.

By what would he identify Europe? His criteria would be:

— The rational-inductive, or scientific, method; i.e. a « general method for seeking 'relative truths' with the rigorous definition of the limits within which these truths are acceptable and can be accepted by all » (J. Hamburger).

— Europe, the motherland of Nobel Prize winners for science. Europe the mother of Universities.

— Very ancient technological superiority (at least 12-13th centuries) linked to its conception of Man, and which has gone increasing ever since.

— The spread of deductive rationalism.

The urge to rationalize behaviour and attitudes.
I personally am convinced that these phenomena occurred mainly as a result of Christianity, and we shall see why further on. For the time being, let us say that the specificity of Europe can be defined, first and foremost, in terms of scientific method, technology and rationalism.
— Secularization of the research endeavour, spread of deductive rationalism and technological spirit were responsible for the gradual rise of what can conveniently be called « the industrial revolution » (and before it, at the same time conditioning it, the agricultural revolution) with all the social cultural and demographic consequences that this entailed.
— When applied to Man and Society, science, the urge to rationalize and technology ensure a constantly increasing control over nature, matter, economic movements, sociopolitical fluctuations, biological phenomena and even over the often detrimental effects of this control.
— In a series of values of Graeco-Jewish-Christian origin, which can be summed up in one word: pesonalism, and which are embodied:
a) at institutional level, in legitimate regimes;
b) politically, in pluralistic democratic regimes that respect the rights of Man and the Citizen as well as the rights of the Minority, with built-in mechanisms of homeostatic equilibrium;
c) socially, in societies that endeavour to reconcile the rights of equality and the needs of freedom (workers' rights — womens' rights — socialism);
d) socio-culturally, in a long series of 'revolutions' (which, also in this case, can only be explained by the Christian terrain on which they took place); spiritual, moral, religious, artistic, technological, social, political and scientific 'revolutions' which make Europe the land of the Future *par excellence* (a Future with a 'sense', i.e. with both a 'direction' and a 'significance') — of permanent Reappraisal verging on contestation — of Innovation, the fruit and extension of its earliest traditions — of conquering and destructive Activism, of the 'Uncertainty' of what I have called the European Adventure (with its myths of overtaking, bravado and challenge: Icarus, Prometheus, Sisyphus, Jason — Faust, don Juan, don Quixote — and of course Adam who wanted to « be like the Gods who knew Good and Evil »).
On the whole, « the most profound temporal (and I add, 'spiritual') revolution that mankind has ever experienced » (A. Comte, 1842).
e) at the level of the great collective dreams, in the continuity of the mediaeval millenarisms, renaissance utopias and ideologies of progress;
f) at the level of mankind, by a universal expansion of its values, its techniques, its ideologies, of its political and economic systems, of its aspirations — a phenomenon which is unique in history, whereby European civilisation is the first civilisation ever to be spontaneously adopted by the peoples of the whole world.

These forces and values are specific to Europe. They are rooted deeply in the historical soil of Europe and their presence and action can only be explained by Europe's past. They take on their real dimension only in Europe. They condition its future.

CHRISTIAN VALUES AND LAY VALUES - III

I have already said on two occasions that the most characteristic European values, from scientific research to personalism, appear to be of Christian origin. I should like to explain this thesis briefly.
I shall begin with my conception of historical Future. On the whole, I am more sensitive to continuities than to interruptions. What I mean by this is that beyond, or rather below, the most radical changes lie much deeper, more stable and more permanent currents which convey also the values that the 'revolutions' show up for an instant.

I thus believe that during all ruptures, in each counter-culture, in every crisis of civilisation, the presence of values can be observed which were *already* there, which triumph (or seem to triumph) in the name of their topicality or authenticity, over the pre-existing values and marginalize them (or seem to marginalize them). In this sense all revolutions are a return to the origin: in the stronger meaning of the term, a '*revolutio*'. This is why the rupture is always smaller than would appear at first sight: let us take the French revolution and what Alexis de Tocqueville said about it, and the Russian revolution and what Custine said about Russia and even the Nazi 'revolution of nihilism' and everything that paved the way to it and made it legitimate in the eyes of German nationalism.

A civilisation thus appears as a kind of 'soil' bearing all the values that are peculiar to it.

It is a commonplace to say that the 'soil' of Europe is essentially Christian. Indeed, the values of Greece and Rome have only come down to us, and have only been assimilated, after being filtered by the Christian message, and only to the extent that they have been assimilated by it. Everything else is the concern of the erudite who have very little connection with the deep sensitivity of the masses.

On the other hand, the great driving forces of Europe, its generators, which give it its specificity and uniqueness, are the concepts of Time, Progress, Revolution, Socialism, Science, Technology, deductive Rationalism, legitimate Regime, Pluralism, industrial 'Revolution', Secularism, atheist Humanism, Universalism, etc.

In short, I believe there is a strong and quite direct correlation between the Christian 'soil' of our civilisation and these great driving forces. The first time I endeavoured to demonstrate this was in an article entitled *Une civilisation technicienne* which appeared in a collective work published under the title of *Valeurs de base de la communauté atlantique* (Leyden, 1961) and a second time in *L'Aventure européenne - Introduction à une sociologie du développement économique de l'Occident* published in 1974 in the Bibliothèque du Collège d'Europe. There is no need to repeat it here. I should merely like to add that, in recent years, I have given much thought to the phenomenon of the sacralisation or absolutisation of the bases of political life and the 'secular religions', fascism, communism and nationalism, and I think it can be said that our great political choices — the idea of revolution, the myths of the left and the right, the nostalgia for the lost Paradise, the manicheism that is rife in the modern world, this famous 'sense of history' that is a continuation of Bossuet, militant atheism and even the desacralization of the religious are found in an embryonic form in the mental structures built up inside us during centuries of religious life.

In my view, the so-called lay values are, in many respects, merely secularized Christian values. The conflict between them is purely historical. It becomes violent because the lay values — i.e. Progress, Enlightenment, Republic, etc. — are experienced religiously, because, having attempted to kill God, they have set up a Caesar, the Party, the State, the Nation, with unlimited powers and because Personalism has thereby been replaced by individualism, natural Reason by rationalism, science by scientism, technology by 'gadgets' and technocracy and the community by gregariousness.

As a result, our civilisation has been afflicted by traumas ever since the 15th century: frenzies of eroticism, '*virtù*', violence, cruelty, fury, individual deeds, holy terrors, confusion and '*Melancholia*'. It has also led to the 'secular' religions of fascism, communism and nationalism. These are non transcendental, i.e. liberticide and dehumanising. This also explains the boundless desire for monolithism of these new 'religions'.

I am aware of the fact that, historically speaking, the Christian message has not

always been presented in the form in which I perceive it when I say that it is the source — although neither the first in order of time, nor the only one — of the great forces that have made the West. If I believe it is possible to state this it is because, once again — above beyond the *événementiel*, the rupture and the 'revolutions', I feel it is possible to grasp the essential and the continuity, and that only in this way it is possible to explain the singular destiny of our 'small peninsula of Asia'.
Indeed, I believe we are living in a Christian world and nobody is aware of this fact: the Christians because they do not know that it is Christianity and view the modern world through 19th century eyes; non-believers because they call, wish and believe themselves to be so, because they too view the Christian world through the equally deforming lenses of the age of Enlightenment.

A UNIQUE KIND OF CIVILISATION - IV

Whether it is Christian or secularized, European civilisation is a unique phenomenon. Other civilisations (Aztec, Khmer, Maya, Bantu, Greek, Latin, Chinese, Egyptian, Indian, etc.) have attained moments of great splendour in the religious, moral, artistic, political or philosophic fields.
Other societies have reached a very high level of perfection and equilibrium.
However, Western society is the *only one* that, although attaining levels as high as any other in the fields of art, spirituality, philosophy, and religious life, has also guaranteed that its members have the minimum material comforts required by respect for the human Person. It is the *only one* to be «open» (H. Bergson), consciously and systematically pluralistic, diversified, multiple, contradictory, self-critical, tolerant to the extent of granting the enemies of its liberties the right to threaten their very foundations, the *only one* to assimilate and reveal the values of others.

Europe's diversity and pluralism is due to the very nature of the different components of its heritage that is to say:
the basically libertarian and pluralistic message of Christianity; personalistic humanism; tolerance shown to marginal minorities; the sense of (common) liberties; the elements of 'democratic' life which appear very early in its history; the electoral techniques developed by the Church, which are an explicit acknowledgment of the right to hold different opinions; the statement of the right of people to self-determination, to speak their own language, to cherish their own culture; the diversity of its provinces and cultural micro-climates whereby a Prussian differs from a Bavarian, a Bordelais from an Alsatian, a Piedmontese from a Sicilian. They are, however, all Europeans because they all share the same heritage, were it only the determination to resist being absorbed by the shapeless magma of a great unitary and homogeneous Empire.

The European civilisation is also the only one to have attempted (sometimes successfully) to amalgamate faith and reason, humanism and technology, order and change, being and becoming, the rights and aspirations of men with the necessities of life in society, creative spontaneousness with the institutions, fortunate deviations with the inevitable regularities, the ever-present socialisation without which an individual is never complete, with the power of being one's own Pygmalion, tradition with innovation, and temporal values, which are the most highly impregnated with the human essence, with the most successfully incarnated artistic and spiritual values.
Basically, the European civilisation is defined in cultural terms. It follows that Europe stretchest as far as its values are adopted and actually put into practice. And the Nation (or political regime) which distorts them or does not respect them, even if it is situated in the heart of historical Europe, such as the Third Reich or the Gulag country, is not, or ceases to be, 'European'.

A FRAGILE AND CONSTANTLY THREATENED SOCIETY - V

By definition, such a society and civilisation are unstable und uncertain, fragile and in peril.
All their driving forces are in actual fact sources of crisis and doubt: the political system which consistently gives rise to new tendencies; the economic system, which is influenced by the different and constantly changing desires of millions of consumers and thousands of '*entrepreneurs*'; the scientific method based on the postulate that the last word is never said; technology which bears within it the seeds of continuous change; the contributions of the moral, social and human sciences — psychoanalysis, ethnology, sociology, philosophy — which shake, and even topple, the image of man on which our society is based; freedom, which allows one to question the very acquisitions of freedom itself and the consensus necessary for community life; the egalitarian and gregarious tendencies which threaten freedom; the very organisation of an advanced society where the old motivations towards work have ceased to have any effect but have not been replaced by others; the ideologies which project into the future the indelible nostalgia of lost Paradises; the programs of the political parties of which even the most superficial analysis reveals their inadequacy to cope with tomorrow's society, but which nevertheless continue to move today's society; even the construction of Europe, however slow and uncertain, which mitigates the virulence of the various nationalisms without really suggesting anything that could take over from these 'secular religions' and all they bring with them, in spite of everything, in the way of deep motivations towards work and sacrifice, the sense of the community, of being rooted, and of legitimate pride; the great speed of the changes occurring in society (which is certainly both one of the driving forces of this society and the logical result of the action of the other driving forces) and which brings men to deny or minimise the presence of the Past, the importance of experience and tradition, and to value only a comparatively mythical Future with all the uncertainty implied by such an attitude; the raising of Man 'to the image of God and as his likeness' verging on the mortal affirmation of his 'divinity': *Homo Homini Deus* which is, after all, not far from Hobbes' *Homo Homini Lupus*.
To sum up: Europe, European civilisation, European society, are naturally in a state of crisis. This crisis is, in a certain sense, contained in the very logic of the spirit, the values and the conception of the world which characterize and define Europe. One must learn to live with it.

SEVEN LESSONS FOR THE FUTURE - VI

What lessons concerning the future of the construction of Europe can be drawn from these considerations? To my mind, there are at least seven.

The *first lesson* is that European values are so rich and universal that they have been adopted by the whole world (Marxism-Stalinism in China; industrialization of the Third World; outward respect for Human Rights; campaign against illiteracy; 'socialism' of the poor peoples; technologisation; nationalism, etc.).
It would be a great pity if Europe did not participate actively in this worldwide process of self-Europeanization.
Such an attitude could only lead to enslavement. As a member of this community, I have no desire to be dominated, even culturally, by any Macedonian whatever, or to become the '*graeculus*' of a New Rome.

The *second lesson*: the European values are called upon to become part of the heritage common to all men. But they form a specific, organic, compact whole structured by history and moulded by the genius of this 'small peninsula of Asia' which has produced them, a genius whose uniqueness is

beyond question, and which is difficult to dominate.
Europe, having lived through the harsh consequences of the most radical 'revolution' of all time, has the task of explaining to the Nations about to set off along the same road the human and social price it had to pay for its success and to try to find, as far as possible, less costly solutions.
To do this, it must continue, as in the past, to live its own life to the full and to draw from it all possible lessons, both positive and negative.

The *third lesson* is that, as we have said, the sum total of European values forms an organic, compact and structured whole. It would be dangerous, and in contrast with the genius of Europe, to reject or marginalise any one of these values, i.e. science or technology, the Promethean apotheosizing of man or industrialisation, as they are all imbued, each in its own way, with the same profoundly humanistic and personalistic message that characterizes Europe.
The serious and complex problems arising, for instance, out of the industrial society or economic growth, must be solved in harmony with the spirit and the traditions typical of the European cultural substrate, and not by means of a blond condemnation that is foreign to this substrate or by equally foreign and disastrous Utopian propositions.
By the same token, the crisis affecting many pluralistic democratic regimes can only be solved by finding a solution which respects the dignity of each man, i.e. in keeping with the main lines of European political thought.
It is essential for us to be ever mindufl of the values on which our civilisation is based — respect for the individual, the formal freedoms without which there can be no real freedom, solidarity, control over one's destiny, values that condemn everything bordering on fanaticism, intolerance, dictatorship, technobureaucracy, party domination, totalitarianism, the claim to the sole possession of political truth, etc. and for us to strive honestly to integrate them in the very structures of our society and in men's minds.
What must be avoided is, in an attempt to speed up the process or out of despair at the magnitude of the task, for Europe to try and save itself *propter vitam* by neglecting those values which are its reason for living and acting and to agree to *vivendi perdere causas*.

The *fourth lesson* is that Europe must draw from its own traditions the necessary courage to face the challenge launched at it by history. It would be useless, and even dishonourable, to withdraw into itself to avoid the dangers. Its vocation is Adventure.
After all, we have never been very numerous — no more, proportionately, than the Athenians at Salamina. In the 16th century, the white population accounted for about the same proportion of the world total as it does today. But it had courage and a love of risk.
The horders crossing the Rhine were neither so numerous nor so well-equipped that the Roman Empire could not have fought them off as it had done for centuries. Only that for quite some time now Rome had handed the defence of its frontiers over to the Barbarians.
This is the very thing that Europe must not do.
It is thus not unconditional surrender nor a collective mea culpa that are going to protect it from looming enslavement, but spiritual courage, the determination to keep its dignity, the active and imaginative search for suitable solutions to the problems that arise. First those concerning itself, then those concerning the rest of the world.

The *fifth lesson* is that European unity is a dream that contains many dangers. Paraphrasing a well known *mot célèbre* which is the expression of the purest nationalism, I should say that « Europe is never so much itself » as when it is diversity. This diversity,

which is one of the most certain forms of its richness and reason for being, must be maintained at all costs. But this is only possible by means of a process of integration, not a unifying or homogenizing one, but a process that respects European reality and the vocation of its peoples. By means of a dialectic movement going from the different to the union of what is different, ever mindful that union is the only safeguard of diversity. This means that union must be achieved rapidly.

« A return to the egoisms and national barriers and antagonism which have often been the consequences », to use the terms contained in the Tindemans Report, would not only be a «historical setback» and «the collapse of the efforts of a whole generation of Europeans »; it would be the death-toll of Europe as time lost is lost forever and, while it may even be already too late, the time has certainly come to act if Europe is to be saved.

The *sixth lesson*: having become conscious of what it is, in itself and for itself, Europe must define itself firmly by comparison with the so-called « socialist democratic » or « popular » regimes, the United States, the Third and Fourth Worlds, in terms of culture and not of military and/or economic power. And even less in terms of fear, contempt or rancour, subjection, isolation or revolt against the definitive (and beneficial) loss of its previous hegemony.

Europe must be constructed so that the voice of reasonableness and humanness can be heard. In order to built this fraternal free society dreamt of by the greater minds and which « reflects the values that are both the heritage and the common creation of our peoples » (L. Tindemans). In order to defend its legitimate interests which are, or ought to be, the interests of all mankind.

Europe must regain control over its destiny first by defining itself for itself, and then by comparison with the others. Its millenarian vocation demands that it should act in this way. Only thus can it make its voice heard and start up a real dialogue free from calculation and ulterior motives, with the peoples of the whole world.

I should also like to suggest a *seventh lesson*. It came to my mind as I was reading the excellent article by André Rezler of the Institut universitaire d'Etudes européennes de Genève on the sources of intellectual anti-Europeanism among European intellectuals (Bulletin du Centre européen de la Culture, nº 4, Hiver 75-76). These sources are:

The myth of the Good Native (the Naif, the Egyptian Sage, the Chinese Philosopher etc.) illuminated by 'natural' morality, by 'unfailing' instinct, protected by a 'natural' morality, and free from the depravities of civilisation — which will be perpetuated in the Bakuninian and Marxian image of the proletariat, and then in the revived image of the wise men of the Orenoque and the Indian gurus.

Guilt-generating conclusions: the European adventure is both an error and a crime against Mankind. Everything must be rebuilt from scratch on different (Utopian) bases), according to other principles, if we want to regain the warm communion of the lost Paradise, of Man before his Fall (and, furthermore, Man is capable of attaining it by his own natural forces alone: a fine example of pelagian infiltration).

Second source: the typically Jewish-Christian myth of Progress is counter-balanced by that of fatal Decline arising out of the mythologies of the Eternal Return or of the Germanic Götterdämmerung.

European civilisation is old and destined to decline (Burchkardt, Nietzsche, Spengler). The Barabarians (from the inside: G. Sorel's proletariat — the Russians for H. Hesse — the savages for J. P. Sartre or for C. Lévi-Strauss) will destroy the Old World and set up a New Order (for one admires the Aztec or Maoist organisation while dreaming of a society lacking all constraints). This explains the current cases of surrender to the modern Barbar-

ians (cf. Aragon, in 1925: « We are the ones who always give the enemy a hand »).
Third source: it will be possible to rebuild on this totally destroyed world. Any rebirth will, however, be possible only through a return to the sources of popular, ancestral, archaic, proletarian art, or the pure untouched art of Africa or Oceania, or even to the transcendental meditation of India, the possessor of the greatest wisdom and the deepest mysticism.
This explains Europe's lack of confidence in its own values, in the immense wealth of its philosophies and mysticisms, of its arts and sciences.
Fed by these three secular currents, European anti-Europeanism is active, ubiquitous, insidious and debilitating.

To come back to the point, though, it must be observed that, however apocalyptic it may be, anti-Europeanism is still a typically European product, the product of a Europe which takes universalism so far as to define itself by favouring, mythically, the other continents and the other civilisations.
However errouneous this may be, it displays a benevolence to the Others that is without parallel and also our capacity to have a guilty conscience. It is all to our credit.
What is dramatic today is that this benevolence had long been dominated and outweighed by the vital force animating Europe and now finds no obstacles to resist its explosion. It thereby comes to be one of the factors contributing to our (relative) downfall and our (certain) hesitancy.

L. M.

Translation: I. McGILVRAY - ROMA

Colloquium held at Turin on October 21-22, 1976 by the 'Movimento per la Integrazione Universitaria Europea', in cooperation with the European Communities Commission.

Mezzi di espressione del cittadino in un sistema socio-politico in formazione

ANTONIO PAPISCA
Università di Catania

I ALLA RICERCA DI UNO STATUS POLITICO EUROPEO PER I CITTADINI

Tratterò l'argomento con intenti prevalentemente *prescrittivi*, non già per il gusto di fare delle prescrizioni ma perché c'è ben poco da *descrivere* o da *spiegare* circa i mezzi d'espressione di cui i cittadini dispongono nell'attuale sistema sopranazionale della Comunità europea. Praticamente, lo *status* di 'cittadino europeo' è tutto da inventare. Cercherò comunque di prescrivere da politologo, ispirandomi cioè al procedimento empirico dell'*ingegneria politica* e facendo quindi precedere il momento della prescrizione da quello della *diagnosi*. Quando si affrontano i problemi della costruzione europea e, in particolare, quelli del futuro dell'attuale sistema comunitario, si procede in genere separando i due livelli, si prescrive cioè indipendentemente dalla formulazione di una diagnosi adeguata. Gli innumerevoli progetti sul *cosa* e sul *come* dovrebbe essere l'Unione (politica) europea, o qualche sua parte, sono altrettante innumerevoli operazioni di deontologia astratta, mancanti di una qualsiasi validità ingegneristica ed operativa. Sono altrettante fughe in avanti, mascherate appena, nella maggior parte dei casi, dal tecnicismo giuridico-istituzionale della loro confezione. Mi pare che, sotto questo profilo, il Rapporto Tindemans sull'Unione europea costituisca una delle rare eccezioni. Evidentemente, *prescrivere* non è la stessa cosa che *prevedere*. Senza dilungarmi a spiegare in dettaglio la differenza che esiste fra le due operazioni, mi limiterò soltanto a ricordare che, mentre alla base della previsione scientifica (uso l'aggettivo 'scientifico' nel senso stipulato dagli studiosi delle scienze sociali nell'attuale fase di evoluzione delle medesime) sta una diagnosi, fondata a sua volta sulla esatta rilevazione dell'universo sotto osservazione, alla base di uno schema di prescrizioni sta, oltre alla diagnosi, una scelta qualitativa, un *giudizio* di conformità o di difformità rispetto a un determinato standard di 'valori' che, per chi prescrive, assume una funzione paradigmatica.

Prima di entrare nel vivo del tema, ritengo opportuno spiegare velocemente ciò che intendo con l'espressione 'mezzi di espressione del cittadino'. La dizione letterale è decisamente più sociologica che politologica: in

scienza politica, usando una categoria concettuale oggi alla moda, si direbbe forse 'partecipazione politica.' Ad ogni modo, in quanto politologo, ritengo che la dizione diciamo così sociologica sia da accettare: primo, per l'abuso che è stato fatto del termine 'partecipazione', sì da privarlo di qualsiasi significato preciso ed univoco; secondo, per la pregnanza della locuzione che qui si propone allo scopo di significare la dinamica e la crescita, di tipo anche personalista oltre che associativo, di ruoli nell'ambito del sistema politico sopranazionale europeo (mentre la 'partecipazione' è *uno* dei modi di esprimersi dei ruoli politici ed implica sempre un rapporto diretto con una struttura d'autorità)[1].

Ciò detto, il problema è di sapere se i cittadini, in assenza di uno *status* politico *formale* nel sistema che ci interessa, abbiano *di fatto* la possibilità di agire *politicamente* in tale sistema, cioè se essi vi esercitino o possano esercitarvi dei ruoli politici concreti. Nel nostro caso, l'operazione di ricostruzione dello *status* politico del cittadino nel sistema della Comunità europea è purtroppo molto semplice: i limitatissimi ruoli che gli è consentito giocarvi rinviano infatti ad uno *status* di mera 'destinatarietà'. Come dire che si tratta di uno *status* passivo di sudditanza. In altre parole, lo *status* del cittadino nell'attuale sistema europeo non è quello di attore politico, ma di semplice destinatario dei provvedimenti emanati dalle strutture d'autorità sopranazionali. Soltanto in un sottosistema funzionale della Comunità europea, quello giurisdizionale, si rinviene una posizione attiva: il cittadino è infatti titolare di poteri d'impulso processuale. È pertanto palese la natura garantista e sanzionatoria del sistema comunitario europeo (in contrapposizione alla natura partecipativa di altri sistemi politici democratici). Ancora una volta, la realtà ci mostra come la personalità giuridica e la personalità politica non siano la stessa cosa o, quanto meno, come esse non sempre coincidano[2]. È chiaro che, proprio per la presenza di uno *status* 'assegnato' (*ascribed*) di tipo passivo e per la resistenza delle istituzioni attuali, non dico a stimolare, ma a consentire la dinamica degli *status* 'acquisiti' (*achieved*), il problema dei mezzi di espressione diventa cruciale. La nostra indagine dovrebbe portare a individuare quei mezzi d'espressione idonei a innescare la dinamica di mutamento degli *status*, da passivi a attivi.

II LE DIFFICOLTÀ STRUTTURALI CHE OSTACOLANO LA DINAMICA DEI RUOLI

Il primo obiettivo è di esplorare il modo di svolgimento di quelle funzioni essenziali del sistema comunitario europeo che più da vicino coinvolgono, o sono suscettibili di coinvolgere, la sfera sia individuale che associativa dei cittadini: l'*articolazione* e l'*aggregazione* dei loro interessi, il *reclutamento* nei ruoli politici, la *comunicazione* politica[3]. La funzione di articolazione degli interessi consiste nel tradurre le aspettative, di cui si fanno portatori i cittadini — singoli e per gruppi — nei confronti delle strutture

d'autorità, in precise 'domande politiche'. Questa è la funzione di base di ogni sistema politico, quella che, fornendogli l'*input* ambientale necessario per la formazione delle decisioni e quindi per lo svolgimento di tutte le principali funzioni sistemiche, lo alimenta e lo fa durare nel tempo. La formazione delle domande politiche è dunque la prima, fondamentale operazione che rende 'comprensibili' alle istituzioni ufficiali i bisogni-interessi del corpo sociale, ma non è da sola sufficiente ad assicurare il soddisfacimento di tali esigenze. L'articolazione è infatti una rappresentazione ancora frammentaria degli interessi del corpo sociale: perché la macchina decisionale possa adeguatamente processare l'*input* ad essa diretto, occorre che le singole domande politiche siano raggruppate in una serie di 'programmi politici' (che nei sistemi democratici saranno fra loro alternativi). Ciò avviene attraverso la funzione cosiddetta dell'aggregazione degli interessi.
Con l'esercizio di queste due funzioni, i cittadini cessano di appartenere al cosiddetto 'ambiente', cioè ad una realtà solo potenzialmente rilevante per il 'sistema' politico: esercitando ruoli politici (cioè, formulando *domande* e *programmi* politici) essi entrano a far parte delle strutture costitutive del sistema.

Nei moderni sistemi politici, in particolare in quelli a regime democratico-rappresentativo, le funzioni miranti a formare l'*input* politico sono svolte da una moltitudine di strutture, aventi un carattere generalmente associativo e beneficianti di un importante grado di autonomia funzionale ripsetto alle altre strutture del sistema e specialmente rispetto a quelle ricomprese nel sottosistema governativo. La differenziazione strutturale e l'autonomia funzionale dei sottosistemi rispondono non soltanto ad esigenze di efficienza, ma a valori fondamentali della concezione democratica: la libertà di associazione e la libertà di espressione[4].
L'attuale sistema politico della Comunità europea si presenta, per così dire, 'deviante' rispetto allo standard di valore dei sistemi politici a tradizione democratica occidentale. Innanzitutto, solo parti esigue del corpo sociale europeo hanno modo di partecipare, per canali verticali, ai processi di formazione della domanda politica: ciò avviene in un contesto essenzialmente corporativo, dove i 'gruppi d'interesse' che più contano (per es., l'Unione delle industrie della Comunità europea, UNICE, il Comitato delle organizzazioni della professione agricola, COPA, e altri) esercitano tutta la pressione di cui sono capaci (*lobbying*)[5].
Per quanto concerne la funzione di aggregazione degli interessi, si constata che la elaborazione dei programmi politici — che nel vocabolario comunitario si chiamano 'proposte', preparate dalla Commissione e dirette al Consiglio dei ministri —, avviene in maniera niente affatto alternativa o competitiva ed è compito esclusivo non già di strutture partecipative o comunque rappresentative, com'è normale per i regimi democratici, ma di strutture d'autorità, quali la Commissione e il potente Comitato dei rappresentanti permanenti (degli Stati), COREPER.

A livello di questa funzione, un ruolo pare tuttavia delinearsi, pur tra incertezze e lentezze di ogni genere, per l'organizzazione sindacale: di questo diremo più avanti. Per il momento, tengo a sottolineare che se di una qualche 'espressione' politica può parlarsi con riferimento all'attuale sistema della Comunità europea, e con tutti i limiti del suo manifestarsi in termini rigidamente corporativi e lobbistici, ci si deve fermare al solo stadio dell'articolazione degli interessi. Com'è noto, nei sistemi politici a democrazia rappresentativa la funzione di aggregazione degli interessi (o di formazione dei programmi politici), è prevalentemente svolta da strutture associative specializzate per questo tipo di attività, aventi una vocazione a comporre e superare le inevitabili fratture individualistiche e corporative che si presentano nella fase di formazione della domanda politica. Il riferimento è soprattutto ai partiti politici. Queste strutture si distinguono per il loro carattere *territoriale* (contrapposto al carattere *funzionale* dei gruppi corporativi) e per il modo di porsi *orizzontale* (non *verticale*, quindi, come nel caso dei gruppi citati) in rapporto alle esigenze del corpo sociale. Nella Comunità europea, il ruolo dei partiti politici è assolto, in misura preponderante (fatto salvo il limitato spazio riservato ai potenti gruppi d'interesse corporativi, ai quali ho prima fatto cenno) dalla Commissione e dai vari Comitati intergovernativi, coordinati dal COREPER. La conseguenza di questa situazione è, come cercherò di meglio evidenziare in sede di formulazione diagnostica, uno stato di indifferenziazione strutturale (essenzialmente, fra *input* e *output*) che contribuisce a isolare il sistema politico della Comunità dall'ambiente sociale europeo e ne accentua il carattere tecnocratico, verticistico e perfino autocratico.

Soltanto in un organo comunitario, il Comitato economico e sociale, è dato rinvenire una qualche forma di espressione diretta dei cittadini per l'elaborazione delle politiche comunitarie. Ma la scarsa o nulla influenza di quest'organo sul funzionamento del sistema sopranazionale europeo è a tutti nota. Essa è dovuta a un insieme di fattori che mi limiterò ad indicare per sommi capi. Innanzitutto, la rappresentanza del corpo sociale europeo che il Comitato economico e sociale assicura è anch'essa di tipo corporativo, per categorie sociali e produttive: « la composizione del Comitato deve tener conto della necessità di assicurare una rappresentanza adeguata alle differenti categorie della vita economica e sociale » (art. 195 del Trattato di Roma). Nel suo seno, l'aggregazione attorno ai cosiddetti 'interessi generali' è del tutto priva di significato concreto: dal punto di vista dell'azione corporativa, alcune 'categorie' hanno il monopolio della pressione. Inoltre, la nomina dei membri del Comitato i quali dovrebbero essere altrettanti 'rappresentanti' di segmenti del corpo sociale, spetta ai governi nazionali, pur sulla base delle designazioni fatte dalle associazioni e dai gruppi interessati. I poteri decisionali dell'organo hanno una natura meramente consultiva ed i suoi 'pareri' hanno efficacia non vincolante: a ciò si aggiunga la generalmente pessima confezione tecnica e

il contenuto approssimato e semplicistico dei pareri (un esempio recente di questa produzione scadente è rappresentato dal rapporto sull'Unione europea, il più generico fra tutti quelli presentati dalle istituzioni comunitarie al Primo Ministro belga Leo Tindemans).

Ritorno ora all'associazionismo sindacale che costituisce, almeno in prospettiva, il fenomeno più consistente a livello di strutture di *input* per il sistema comunitario. La Confederazione europea dei sindacati, CES, sorta com'è noto nel 1973, è in effetti l'unica macro-struttura sopranazionale, a vocazione solidarista, in grado di svolgere una efficace azione rappresentativa degli interessi 'orizzontali' del corpo sociale europeo e di bilanciare, allo stesso tempo, l'azione verticistica delle istituzioni comunitarie e il lobbismo corporativo dei gruppi d'interesse. Finora, da questo enorme potenziale d'influenza non sono scaturiti risultati di grande rilievo, ma soltanto l'avvio di una prassi di consultazioni (le cosiddette conferenze tripartite) i cui 'poli' sono costituiti dalle 'parti sociali' (sindacati di lavoratori e di datori di lavoro), dal Consiglio dei Ministri e dalla Commissione. La prima 'conferenza' formale ha avuto luogo il 18 novembre 1975 sul tema « La situazione economica e sociale nella Comunità europea »; la seconda si è svolta il 24 giugno 1976 e ha avuto per tema « Il ripristino della piena occupazione e della stabilità nella Comunità europea ». In precedenza, si erano svolti altri due incontri tripartiti, sul tema rispettivamente dell'occupazione (27-28 aprile 1970) e sulle prospettive di una politica sociale europea (16 dicembre 1974). Anche dopo queste conferenze, l'influenza dell'organizzazione sindacale in seno al sistema della Comunità europea resta debole e non è per nulla proporzionata all'importanza e alla quantità di interessi di cui essa è portatrice. Questa debolezza è dovuta, fra l'altro, al ritardo con cui il sindacalismo si è coordinato sul piano comunitario europeo e alle divergenze ideologiche che continuano a perdurare all'interno della Confederazione (specie dopo l'ingresso della CGIL) e al suo esterno (la CGT francese ne è tuttora fuori). Ma io ritengo che la causa principale di questo stato di cose sia da ricercare nella natura stessa della struttura della Comunità: giacché una intensa, vorrei dire autentica, azione sindacale all'interno dell'attuale sistema politico comunitario rischierebbe, in mancanza d'un valido sottosistema di partiti 'europei', di coinvolgere direttamente e pesantemente l'organizzazione sindacale nell'azione di governo a livello sopranazionale, con tutti i pericoli di snaturamento degli obiettivi e delle rivendicazioni tipiche di ogni sindacato. Con questo non voglio dire che non ci saranno ruoli a breve termine per la Confederazione europea dei sindacati: per esempio, partecipando ai lavori del Centro europeo per la promozione dell'addestramento professionale, della Fondazione per il miglioramento delle condizioni di vita e di lavoro nella Comunità e, soprattutto, del Comitato per l'occupazione. Ma non si esce fuori dai tradizionali schemi consultivi. Rispondendo alla interrogazione scritta del parlamentare europeo Lord O'Hagan (n. 665-74), la Commissione

ha tenuto a precisare che essa « ha sempre attribuito grande importanza a una stretta cooperazione con le organizzazioni dei lavoratori instaurata attraverso i movimenti sindacali rappresentativi sul piano europeo » e che « le consultazioni sono organizzate appunto allo scopo di far conoscere il parere delle parti sociali in modo che la Commissione possa tenerne conto nel definire le politiche comunitarie ». Il fatto stesso, però, che ci sia stata una interrogazione *ad hoc* rivela l'esistenza di forti sospetti sulla reale consistenza del ruolo del sindacato all'interno della Comunità. La colpa non è ovviamente della Commissione, animata anzi da ogni migliore volontà di dialogare con le cosiddette parti sociali: tra l'altro, va segnalato che tra i servizi della Commissione esiste una 'Divisione sindacati' incaricata di promuovere, d'intesa con le organizzazioni sindacali, programmi di formazione e informazione sui problemi europei concernenti il mondo del lavoro. La colpa è del sistema comunitario, tal qual è strutturato nel suo insieme. Una efficace azione sindacale, avente un respiro strategico, postula l'esistenza e il funzionamento di un sottosistema d'aggregazione degli interessi sociali di tipo territoriale, orizzontale e popolare, il quale invece manca del tutto nell'attuale sistema comunitario. In altre parole, il sindacalismo europeo non avrà spazio sul piano sopranazionale se non si creerà una più corretta 'divisione del lavoro politico' al livello comunitario: più corretta dal punto di vista sia qualitativo (democratizzazione) che funzionale (distinzione e autonomia dei ruoli).

Resta da dire delle funzioni di reclutamento e di comunicazione politica, necessarie al mantenimento e all'adattamento di qualsiasi sistema politico. Faccio notare che il modo con cui si attua la funzione di reclutamento, cioè l'immissione dei cittadini nei ruoli politici ai differenti livelli, è sintomatico del grado di 'apertura' e democraticità del sistema ed evidenzia, meglio di altri indicatori, le reali possibilità di espressione consentite ai cittadini. L'idea universale di democrazia, pur con tutte le 'estensioni' e le 'concessioni' fatte alle esigenze dell'efficientismo, dell'elitarismo e della competenza tecnica, mantiene saldo un punto: che sussista e sia salvaguardata la reale possibilità che i cittadini, mediante l'esercizio periodico del diritto di voto, cambino la classe dirigente, cioè i detentori dei ruoli d'autorità nel sistema[6]. Ebbene, al livello sopranazionale europeo questo caposaldo, benché previsto dai Trattati istitutivi, non è ancora una realtà. Tutti i ruoli politici di un certo rilievo sono ricoperti per via di cooptazione all'interno della sfera d'azione delle strutture governative di vertice: che si tratti di ruoli politici 'drammatici' (come quelli dei membri dei governi e dei parlamenti) oppure di ruoli 'tecnici' e 'funzionali' (quelli dei membri della Commissione e dei numerosi comitati intergovernativi). I membri della Commissione sono nominati dai governi nazionali, i quali nominano altresì i giudici della Corte di giustizia e i membri dei vari comitati, compresi i 'rappresentanti' delle forze sociali. Gli stessi membri del Parlamento europeo, per quanto

eletti alla funzione europea in seno alle rispettive camere d'appartenenza, non rappresentano neppure indirettamente i popoli dal momento che — fatte le debite eccezioni, che confermano peraltro la regola — specifici impegni europei non figurano normalmente nei programmi elettorali per l'elezione ai parlamenti nazionali. Sotto un profilo né sostanziale né formale può riconoscersi alcuna legittimazione, *in re europaea*, ai membri dell'attuale Parlamento di Strasburgo. Va tuttavia riconosciuto che i parlamentari europei, nel loro insieme, si sono sempre sforzati di acquisire un certo grado almeno di legittimità (sostanziale) richiedendo a gran voce la democratizzazione delle istituzioni comunitarie, interessandosi ai problemi politici e sociali più vivi, potenziando, pur se disordinatamente e con qualche superficialità, la prassi degli *hearings*.

Per quanto concerne la funzione di comunicazione, cioè la trasmissione di messaggi significativi per il funzionamento interno del sistema politico così come per gli 'scambi' col proprio ambiente, c'è innanzitutto da rimarcare che essa è trasversale a tutte le altre funzioni e gioca un ruolo fondamentale nei processi politici di socializzazione, di mobilitazione, di mutamento, di reclutamento. Nel nostro sistema la comunicazione politica è purtroppo circoscritta all'ambito dei detentori di ruoli specifici prima citati, non ha alcun carattere di diffusività ed è essenzialmente discendente, dalle strutture d'autorità del vertice ai destinatari dei provvedimenti. Non esistendo autonome strutture per la formazione di programmi politici alternativi, si spiega la mancanza d'interesse ad attivare più ampi processi di comunicazione politica, idonei a far circolare i messaggi comunitari europei fino ai livelli più capillari. L'azione promozionale della Commissione in questo settore è stata pesantemente condizionata dal 'compromesso' di Lussemburgo del gennaio 1966, una specie di Diktat concordato fra i governi dei paesi membri della Comunità per indurre la Francia ad occupare la sua 'sedia vuota' dopo la nota crisi istituzionale iniziatasi nel giugno dell'anno precedente. Conviene precisare che la 'politica degli interessi', che caratterizza le principali attività comunitarie, non esclude, beninteso, la comunicazione, anzi, implica l'esistenza di una fitta rete di canali per la comunicazione verticale, per compartimenti. La grande stampa e i *mass media*, che si trovano al di fuori di questa rete, consacrano un'attenzione irrisoria ai problemi europei, con preferenza per gli aspetti scandalistici, veri o presunti: da ultimo, la minaccia di un'Europa a due velocità contenuta nel rapporto Tindemans. Si comprende perciò come il grado di informazione popolare su tali problemi sia piuttosto bassa: il 46% degli europei ritiene che i *mass media* non parlino abbastanza dei problemi comunitari, mentre il 59% reputa che essi trattino in maniera del tutto superficiale gli stessi problemi (il 26% è d'opinione contraria, il 15% non he ha alcuna al riguardo). Inoltre, il 42% reputa che la grande stampa manchi di obiettività in questo campo[7]. Ovviamente, la mancanza di informazioni di base rende difficile la formazione di una vera *cultura politica europea* ed ostacola

quindi il processo di socializzazione e di identificazione politica in senso sopranazionale europeo. Come ho avuto occasione di sottolineare in altra sede[8], questo stato di cose, perfettamente coerente con la natura verticistica e autoritaria del sistema che ci interessa, presenta molte analogie con i sistemi politici coloniali. Le istituzioni comunitarie europee — mi riferisco qui a quelle che hanno più potere, come il Consiglio dei ministri e il COREPER — sono paragonabili a quelle di una potenza metropolitana la quale tiene a bada le eventuali aspirazioni partecipative e autonomistiche del corpo sociale indigeno, monopolizzando gli strumenti della cultura politica, centellinando l'informazione, vietando la creazione di efficienti strutture di aggregazione a base popolare e privilegiando l'instaurazione di rapporti bilaterali diretti fra il potere metropolitano e una miriade di segmenti del corpo sociale indigeno: cioè, istituzionalizzando la divisione di quest'ultimo.

A questo punto dell'analisi, constatato che lo spazio d'espressione politica dei cittadini, eccezion fatta per quello occupato dalla selezionatissima rete della rappresentanza corporativa e lobbista degli interessi, è praticamente nullo dal punto di vista istituzionale, non resta che esplorare l'ambito di eventuali manifestazioni 'anomiche', di quei comportamenti cioè che si manifestano al di fuori, al di là, o addirittura contro le regole ufficiali del sistema: evidentemente, tali espressioni non corrispondono ad alcuno *status* prefigurato. Di tanto in tanto, si ha notizia di manifestazioni di protesta, di *sit-in*, di guerre del vino, di marce degli agricoltori, delle massaie, dei camionisti di questo o quel paese membro della Comunità, i quali si ritengono danneggiati da certi provvedimeni comunitari e sollecitano l'emanazione di provvedimenti più favorevoli. Si tratta di forme per così dire atipiche di confezione della domanda politica. Cominciano anche a prender corpo dimostrazioni di carattere più marcatamente sopranazionale, come nel caso di 'contestazioni' in occasione di riunioni del Consiglio dei ministri (il più bersagliato risulta essere il Consiglio dei ministri dell'agricoltura). Bisogna tuttavia ammettere che, pur se strutturate ai livelli sopranazionali, la maggior parte di queste manifestazioni continuano ad avere una marca corporativa. Meno numerose, e di spessore quantitativo meno robusto (anche se in fase di recupero), risultano quelle di tipo orizzontale e stratificato, come le marce e i raduni dei movimenti europeisti[9]. Tra le manifestazioni di questo genere non si ritrovano ancora dei veri scioperi 'europei', realizzati nel medesimo tempo in tutti i paesi membri della Comunità e per i medesimi obiettivi. Lungi da me proporre l'estensione, nell'ambito comunitario, di una ormai cattiva abitudine degli italiani o, comunque, dare un giudizio di valore su questa specie di comportamento anomico: mi limito soltanto a constatarne l'assenza nel sistema comunitario ed a considerarla come indicatore delle quasi inesistenti possibilità di espressione orizzontale del corpo sociale europeo.

III LA DIAGNOSI: UN SISTEMA SCARSAMENTE RICETTIVO

Cercherò ora di riassumere la situazione, nell'intento di fornire un quadro diagnostico il più sintetico possibile. Ho prima accennato alla natura elitaria e autocratica del sistema europeo nonché al carattere essenzialmente corporativo delle sue strutture d'*input*. In molti sistemi sociali artificiali — tali sono i sistemi sorti per volontà di qualcuno, non esistenti cioè in natura, e destinati a produrre qualcosa, principalmente anche se non esclusivamente a beneficio di coloro che li hanno creati — persiste nel tempo, anche dopo le prime successioni generazionali, la distinzione fra i soci fondatori e gli altri eventuali membri del sistema. L'attuale sistema politico della Comunità europea è anch'esso un sistema artificiale che, pur coinvolgendo 250 milioni di persone per il fatto essenziale di vincolarle in maniera diretta ed immediata attraverso i suoi provvedimenti muniti d'autorità, è rimasto, dopo venticinque anni di vita, gestito, controllato e, in buona misura, alimentato dal ristretto gruppo di attori che lo hanno creato. Anzi, il club dei costitutori, prima sei ora nove — e cioè i sottosistemi governativi nazionali rappresentati dalle rispettive *leaderships* politiche e burocratiche — si è autoperpetuato ed ha accentuato costantemente la sua posizione di controllo e di filtro, istituzionalizzando la cosiddetta 'unione degli stati' attraverso la 'cooperazione politica' e, prima ancora, attraverso il già menzionato compromesso di Lussemburgo, e stabilendo più intensi collegamenti strutturali tra l'Europa *sopranazionale* comunitaria e l'Europa *intergovernativa* dei nove.

A ciò che David Easton chiama la 'comunità politica' di un sistema[10], e cioè, nel nostro caso, lo schema di divisione del lavoro politico al livello comunitario europeo (in altre parole, la sfera di intervento, attuale e potenziale, delle istituzioni comunitarie articolata per materie, settori e competenze), non sono mai stati associati coloro che, di diritto e di fatto, sono i destinatari dei poteri esercitati nell'ambito di tale sfera: i cittadini dei nove paesi membri. Successive modifiche a tale sfera sono avvenute verticisticamente, spesso senza neppure la garanzia di una ratifica da parte dei parlamenti nazionali: mi limito a citare il compromesso di Lussemburgo, la regolamentazione del sistema della 'cooperazione politica' (sistema Davignon), la creazione del cosiddetto Consiglio europeo (vertice dei capi di stato e/o di governo dei nove stati membri). Il 'club dei nove' continua a detenere e gestire quelli che possono definirsi i 'momenti genetici di sopranazionalità', cioè i tempi e i modi di ampliamento della 'comunità politica' al livello europeo[11], e ad agire come potenti 'regolatori d'accesso' (*gate-keepers*) per quanto concerne la dinamica interattiva tra il sistema comunitario e il suo ambiente. L'esercizio di questa funzione di *gate-keeping* finisce per mantenere il sistema della Comunità in una sorta di solitudine asettica e lo priva degli importanti appoggi e stimoli che potrebbero venirgli proprio dalla base popolare.

Il mancato coinvolgimento 'politico' attivo del corpo sociale europeo in tutte le sue forze — e, innanzitutto, nella sua dimensione orizzontale-plebiscitaria, quale corpo elettorale —, non può giustificarsi adducendo che le competenze delle istituzioni comunitarie vertono su materie tecniche e ben delineate e non consentono, per l'efficacia dei provvedimenti, che una partecipazione altrettanto precisa, e dunque ristretta ed elitaria. Giacché la sfera delle competenze e dei poteri degli organi sopranazionali abbraccia al contrario materie di vitale importanza per il corpo sociale europeo anche ai livelli più popolari. Di ciò pare rendersi conto la stessa opinione pubblica, esprimendo il suo giudizio sul grado di importanza dei problemi trattati dalle istituzioni comunitarie: il 77% degli intervistati considera 'importanti' tali problemi, l'11% li reputa 'abbastanza importanti', solamente il 4% li considera 'per nulla importanti', l'8% non ha alcuna opinione al riguardo. Al primo posto nella scala delle preoccupazioni dell'opinione pubblica, figura il problema dei prezzi e del bilancio familiare, seguito dai problemi di ordine personale e da quelli attinenti al lavoro e all'occupazione. Tra i problemi considerati importanti e per i quali si auspica un intervento comunitario figurano, nell'ordine: il problema della lotta all'inflazione, la protezione dell'ambiente, la tutela dei consumatori, l'approvvigionamento energetico, 'parlare ad una sola voce' sul piano delle relazioni internazionali globali, il coordinamento delle politiche sociali, la modernizzazione dell'agricoltura, la riduzione degli squilibri regionali, la creazione di una moneta europea, la politica di aiuto allo sviluppo nel terzo mondo[12]. Questi dati mostrano che esiste un *input* potenziale — o, se si vuole, un insieme di aspettative — di tipo chiaramente orizzontale e stratificato, la cui espressione, in termini di domande politiche specifiche, non potrà avvenire che mediante l'attivazione, o mobilitazione politica, della fascia territoriale del corpo sociale europeo. L'attivazione politica di quest'ultimo, in tutte le sue forze, è inoltre necessaria per la durata e la stabilità del sistema sopranazionale: l'assenza del momento elettorale, quale momento centrale e caratterizzante del funzionamento del sistema sopranazionale, priva infatti la Comunità europea di una quantità preziosa di domande politiche e di appoggi diffusi. Quindi, non è soltanto questione di maggiore o minore democrazia, ma anche di maggiore efficienza e utilità del nostro sistema nel tempo. La diagnosi mette dunque in risalto una situazione patologica caratterizzata da un bassissimo grado di ricettività del sistema in rapporto all'*input* del suo ambiente sociale: ciò che si è spiegato come dovuto alla mancanza di ruoli politici per il corpo sociale europeo nei suoi strati territoriali e popolari. Alla quasi nulla capacità ricettiva si accompagna una proporzionatamente alta capacità di regolamentazione e di decisione (capacità di vincolare le persone: v. gli innumerevoli 'regolamenti' comunitari), una discretamente alta capacità estrattiva (v. il sistema di risorse proprie della Comunità), una media capacità distributiva (v. l'attività dei vari 'fondi' europei) e una inesistente capacità simbolica (in grado di toccare i 'sentimenti' degli europei).

IV LA PREVISIONE: DEMOCRATIZZAZIONE OPPURE CONSUNZIONE

La diagnosi che ho tentato di abbozzare per grandi linee, dovrebbe consentire di formulare alcune previsioni di tendenza del sistema. Si è visto che la patologia interessa le principali funzioni: dalla formazione della domanda politica fino al reclutamento nei ruoli politici. In assenza di interventi che neutralizzino le tendenze spontanee al corporativismo delle strutture d'*input* e all'autocrazia delle strutture d'*output*, la previsione è che il sistema si avvii alla consunzione per il venir meno della indispensabile alimentazione ambientale. Temporaneamente, la consunzione può essere differita mediante un rafforzamento di domande e sostegni provenienti dall'interno stesso delle strutture d'autorità del sistema (i cosiddetti *withinputs*) ed una più intensa regolazione d'accesso negli scambi con l'ambiente, cioè aumentando il grado di controllo sul sistema e sul comportamento delle forze sociali: ma è l'ultima carta dei regimi autoritari. Ed è ciò che è stato tentato con l'allestimento della macchina della 'cooperazione politica', ad opera delle nove concellerie. Questa iniziativa, che è stata avviata nell'ambito delle strutture intergovernative e che avrebbe dovuto rafforzare quella che è stata chiamata « la dittatura transitoria degli esecutivi »[13], si è già rivelata impotente ad arrestare il deperimento, dal punto di vista sia della qualità che dell'efficienza, del sistema comunitario nel suo complesso.
La decisione del 20 settembre 1976, con la quale il Consiglio dei ministri della Comunità ha adottato la Convenzione per l'elezione diretta del Parlamento europeo, mostra che ci si vuole incamminare verso un altro tipo di intervento terapeutico, molto più efficace a medio e lungo termine: il processo elettorale dinamizzerà infatti le strutture dell'*input* e attiverà il serbatoio di domande politiche e appoggi diffusi costituito dal corpo elettorale europeo. La sopravvivenza e lo sviluppo del sistema politico comunitario passano attraverso un'operazione di riequilibrio tra le predominanti strutture dell'*output* e le insufficienti strutture dell'*input*: cioè, bisogna trovare un nuovo rapporto fra il momento della decisione di vertice e quello dell'espressione della base popolare. Benché sussistano ancora molte incertezze e lentezze qua e là (per es., la posizione dei gollisti e dei comunisti francesi, dei laburisti e di altre forze politiche), questo tipo di intervento pare aver convinto i governi dei nove stati membri della Comunità.

Perché dunque sono tanto importanti le elezioni europee previste per il 1978, indipendentemente dal conferimento di più significativi poteri — deliberativi e di controllo — al Parlamento che uscirà direttamente legittimato dal corpo sociale europeo? Sono importanti, a mio avviso, soprattutto per gli effetti a catena di tipo strutturale che *indurranno* nell'intero sistema comunitario, sì da trasformarlo profondamente. Non mi riferisco ovviamente al più di legittimazione che ne deriverà alle istituzioni sopranazionali: ognuno sa che la legittimazione non è un fatto

automatico e formale, che si verifica *una tantum*, ma un processo sostanziale e continuato... Orbene, se ci saranno elezioni europee dovranno esserci campagne elettorali in materia specificamente europea e dunque programmi politici europei (quindi si metterà in moto una funzione di aggregazione politica); e se si vorrà evitare che tali programmi restino delle costruzioni astratte, occorrerà sollecitare la formazione di domande politiche precise (si avvierà cioè la funzione di articolazione degli interessi di base). L'elaborazione di domande e di programmi politici coinvolgerà uomini e gruppi a vari livelli e li costringerà a darsi strutture adeguate al compito, cioè differenziate e autonome rispetto alle strutture d'autorità del sistema politico comunitario. Inoltre, per ottenere voti e adesioni i partiti politici dovranno far conoscere agli elettori i loro programmi e i loro candidati: si manifesterà così l'esigenza di una più intensa informazione politica sulle questioni europee e nuove reti e strumenti di comunicazione saranno creati. Infine, ci sarà una moltiplicazione di ruoli politici a livello sopranazionale così come delle occasioni e delle forme di reclutamento. La competizione per l'accesso ai vari ruoli provocherà un confronto di personalità, di idee, di programmi alternativi. Il regime 'cooptativo' sarà necessariamente ridotto, l'arena comunitaria subirà un incremento di politicità e, più in generale, i ruoli politici comunitari diverranno molto più appetibili di quanto lo siano in atto.

Va sottolineato che questo tipo d'intervento terapeutico è in sintonia perfetta con le attese dell'opinione pubblica, così come evidenziato dai sondaggi d'opinione effettuati nei paesi membri della Comunità: il 64% dei cittadini si dichiara favorevole alle elezioni europee, mentre soltanto il 18% vi è contrario[14]. Questi dati, messi in relazione con quelli concernenti la necessità di realizzare l'Unione europea e con quelli concernenti l'opinione sul deterioramento della situazione generale (economica e politico-sociale) all'interno dei singoli sistemi politici nazionali (il 70% reputa 'piuttosto meno buona' la situazione interna rispetto a quattro-cinque anni fa), fanno prevedere l'approssimarsi del momento in cui il cosiddetto 'consenso permissivo', di cui fino ad oggi avrebbe beneficiato il sistema comunitario europeo[15], si trasformerà in una crisi multipla di legittimazione, di partecipazione e di identificazione, con pesanti riflessi sui vari regimi nazionali dei paesi membri.

V LA PRESCRIZIONE: COMINCIARE DAL PROCESSO PIÙ COINVOLGENTE. I MOTIVI DEL VOTO EUROPEO

Dopo aver previsto le possibili tendenze del sistema comunitario e avere indicato quello che mi sembra l'intervento terapeutico più urgente, resta da precisare il contenuto, lo stile e i mezzi dello *status* politico del cittadino europeo. A questo riguardo, occorre preliminarmente chiedersi qual è la motivazione profonda a *essere* cittadini europei e ad *esprimersi* in quanto tali. Dato che lo *status* politico europeo non è fine a se stesso,

il suo esercizio cosa dovrebbe consentire di raggiungere: un più alto tenore di vita? La piena occupazione? Il rilancio dell'idea mitica della società opulenta? Un più ampio margine di sicurezza nei rapporti con le super-potenze mondiali? Personalmente, ritengo che gli obiettivi di crescita economica — d'altronde perfettamente legittimi e necessari — possano essere perseguiti senza allestire un macrosistema politico sopranazionale di tipo federale, ma attraverso una più razionale e sincera cooperazione di tipo intergovernativo: giacché si tratterebbe di rafforzare, per così dire dall'esterno, le strutture politiche, burocratiche ed economiche dei singoli stati nazionali. Se l'Unione europea dovesse praticamente servire a questo tipo d'operazione, mirante a salvare e a potenziare lo stato nazionale, sarebbe del tutto inutile preoccuparsi dei mezzi di espressione dei cittadini a un livello dove la loro presenza non avrebbe grande significato. Perché preoccuparsi di mobilitare l'opinione pubblica e le forze popolari se la causa non ha nulla di appassionante? Ebbene, io ritengo che l'Unione europea, così come la nostra richiesta di avere uno *status* politico nel suo ambito, si giustifichino, anzi si impongano, in vista del perseguimento di obiettivi e 'beni politici'. Innanzitutto, il 'bene' della democrazia. Io sono convinto che soltanto attraverso la creazione dell'Unione europea — di un certo tipo di Unione europea, beninteso —, si possa combattere e invertire il processo di deterioramento della 'pratica della democrazia' all'interno dei nostri sistemi politici nazionali. A questo fine, un'organizzazione di tipo intergovernativo e tecnocratico, la quale sarebbe necessariamente orientata verso l'*efficacia* funzionale piuttosto che verso la *qualità* dei rapporti politici, si rivelerebbe controproducente. Giacché essa esalterebbe proprio quei caratteri e quelle tendenze — all'esecutivismo e al burocratismo — che impediscono oggi il progresso e la maturazione dei valori genuinamente democratici all'interno dei nostri stati nazionali. Dunque, l'Unione europea, in quanto sistema politico sopranazionale, non sarebbe un bene in sé, un nuovo mito sacrale (la solita delega in bianco alle istituzioni...), ma uno strumento per conseguire, in un quadro politico-istituzionale più capace anche dal punto di vista materiale ed economico, *più democrazia* e una *migliore democrazia*.

A questo punto, cerchiamo di prefigurare in maggior dettaglio le motivazioni che dovrebbero stare alla base dei nostri ruoli politici a livello europeo. Quando nel 1978, col beneplacito dei nove parlamenti nazionali (chiamati a ratificare la convenzione del settembre 1976), il cittadino andrà a votare per il primo Parlamento europeo della storia, egli si porrà fondamentalmente due domande: la prima, più facile, riguarderà i nomi dei candidati; la seconda, molto più problematica, riguarderà il perché profondo di questa chiamata alle urne che si aggiunge a tante altre (sul piano nazionale, regionale, provinciale, cantonale, comunale, di distretto, ecc...). Ecco la mia risposta. Io voglio l'Unione europea — e dunque le elezioni dirette a suo fondamento —, perché essa dovrà e potrà assicurar-

mi la possibilità *strutturale* di (continuare a) sperimentare la democrazia in ogni sua forma, comprese quelle che la nostra tradizione (ma è la tradizione dello stato nazionale...) considera incompatibili o impossibili. Voglio la 'declinazione' della democrazia a tutti i livelli di vita politica: democrazia politica e democrazia sociale, democrazia territoriale e democrazia funzionale, democrazia rappresentativa e democrazia diretta, micro-democrazia e macro-democrazia, democrazia industriale e democrazia scolastica, ecc. La mia risposta alla domanda 'quale democrazia' è dunque: 'tutta la democrazia'. Le dimensioni anguste e vischiose dello stato nazionale saranno le dimensioni stesse, cioè i limiti, della democrazia, se non si avrà il coraggio di metterle in discussione con un spirito sincero di *mutamento strutturale* e di superarle insieme a tutte le incrostazioni che esse racchiudono. Sono persuaso che gli spazi territoriali e funzionali idonei a recepire la realizzazione di ogni forma di democrazia — alla luce del principio delle 'pluralità compatibili' — esistono: basta riconoscerli, adattarli, valorizzarli. Sono altresì convinto che esistono oggi le condizioni e le occasioni per far progredire non soltanto la riflessione, ma anche l'esperienza a questo riguardo. In Europa occidentale, i grandi partiti politici a tendenza moderata, quelli che hanno tra l'altro fatto l'attuale Comunità europea, si sono accorti che la gestione del potere, da sola, senza l'apporto di nuove idee e la disponibilità ai mutamenti, non paga più alla lunga. Da parte loro, i partiti della sinistra, compresi i comunisti, si accorgono di aver troppo pensato alla struttura e alla strategia del 'partito' in quanto tale, e di ritrovarsi oggi in contesti politici, sociali, economici e culturali in cui la strategia teorizzata non serve più a nulla (così come non serve a nulla un certo tipo, ipostatizzato, di partito politico). Si fa sentire l'esigenza di una concezione nuova dello stato (meglio, del sistema politico), diversa sia da quella dello stato liberal-borghese-assistenziale sia da quella dei regimi autoritari a cosiddetta democrazia popolare[16]. I giochi sono aperti proprio per la ricerca di un nuovo modello di sistema politico, che sia in grado di assicurare *tutta la democrazia* senza rinunciare ai livelli di benessere raggiunti dalle nostre società.

La democrazia rappresentativa, che formalmente caratterizza i nostri sistemi statuali-nazionali, non basta più e mostra sempre più il suo carattere artificiale, per quanto necessario, giacché i processi di burocratizzazione e di tecnocratizzazione delle istituzioni governative hanno gradualmente emarginato le istituzioni rappresentative ed ogni altra istituzione che non risulti più in rapporto di scala con l'ordine di grandezza degli *inputs* sociali. Ma gli stati nazionali, seguendo la loro vocazione storica alla centralizzazione, non consentono di ovviare a questo deterioramento, impedendo di sperimentare altre forme, più autentiche, di democrazia: innanzitutto, la micro-democrazia territoriale. Un po' dovunque, nei nostri stati, si moltiplicano le spinte verso una più grande autonomia ai livelli regionali, provinciali, locali; ma le varie riforme miranti a 'riorganizzare' il territorio, lungi dall'assopire tali spinte,

le hanno rafforzate. Orbene, il fondamento della micro-democrazia territoriale è costituito da una autentica autonomia 'politica', cioè da una condizione che è incompatibile con la struttura e, purtroppo, con l'etica degli stati nazionali. Ma c'è di più. Anche se, per ipotesi, i vari regimi statuali nazionali si decidessero — *separatamente* l'uno dall'altro e *salvaguardando ciascuno la propria sovranità 'esterna'* — a riconoscere le autonomie sub-nazionali ai giusti livelli, l'operazione somiglierebbe a un salto nel vuoto, perché avverrebbe in un contesto di 'capacità' assolutamente inadeguate. All'interno di ciascuno stato nazionale, si rischierebbe la divisione e l'indebolimento delle energie di fronte agli immensi problemi del potere d'acquisto dei salari, dell'occupazione, dell'approvvigionamento energetico, della difesa militare, ecc...
Occorre pertanto ammettere che l'operazione 'recupero della democrazia attraverso l'autonomia' implica la ristrutturazione dello stato nazionale tanto al suo interno (in profondità, vorrei dire) che all'esterno, in un quadro sopranazionale di più grandi capacità.

Ma, in questo momento storico particolare, c'è un altro motivo che mi fa ritenere lo stato-nazione, oltre che insufficiente, pericoloso: il fatto che esso mi sta ponendo, in maniera quasi deterministica, di fronte ad *una sola* alternativa di regime (e, forse, addirittura di sistema). Questa situazione riscontrabile — in maniera più o meno accentuata, più o meno drammatica — all'interno della maggior parte dei nostri stati (attenzione, dunque, a non guardare all'Italia come all'unico appestato...), è un processo storico in grado di arrestare la costruzione dell'Europa unita. Sussiste il pericolo concreto che all'interno dei singoli stati nazionali si adottino pseudo-soluzioni alle crisi e ai conflitti — quelle che Norberto Bobbio chiama le 'scorciatoie' alla soluzione dei problemi[17] —, con conseguenze irreparabili per la solidarietà europea.
La rapida attuazione dell'Unione europea, aprendo nuovi 'spazi' politici ed attivando processi politici più ricchi in profondità ed estensione, consentirebbe appunto di collocare il dibattito sull'alternativa agli attuali regimi in un contesto più appropriato anche dal punto di vista strutturale. Il macro-sistema europeo avrebbe più grandi risorse — e una più grande flessibilità — per assicurare il libero confronto delle varie forze e ideologie politiche. Soprattutto, esso offrirebbe la garanzia che il dibattito politico e ideologico continuerebbe al di là e al di sopra di quelle situazioni partitiche infra-nazionali che vanno qua e là configurandosi come altrettanti 'stati di necessità'. Insomma, l'Unione europea dovrebbe agire come camera di decompressione in rapporto alle situazioni politiche interne in via di esasperazione.

L'Unione europea sarà dunque la panacea per tutte le malattie del sistema politico 'stato-nazione'? Non si corre per caso il rischio di sostituire allo stato nazionale, come lo conosciamo, un macro-sistema di tipo imperiale, nel cui ambito i difetti dei sistemi politici nazionali risulterebbero

ingranditi: più ampia delega in bianco ai parlamentari, un potere di decisione più lontano e dunque meno controllabile dalla base sociale, una più intensa pianificazione ispirata ad una maggiore tecnocrazia, ecc.? Si tratta di un rischio effettivo. Affinché l'Unione europea non sia tutto ciò e non si traduca nell'ipostatizzazione degli ideali e delle strutture statualistiche, occorre richiedere fin dall'inizio alcune garanzie: fondamentalmente che, accanto alla necessaria democrazia macro-rappresentativa — che avrà anch'essa la dimensione 'europea' —, sia consentito di praticare forme nuove di micro-democrazia, anche diretta, ai 'giusti' livelli. Per 'giusti' intendo quelli ove sia possibile mantenere un rapporto di scala, il più autentico possibile, tra l'ordine di grandezza dei bisogni-interessi della comunità in cui si vive, si lavora e ci si esprime, e l'ordine di grandezza, cioè capacità, delle istituzioni politiche. E attenzione, ancora una volta, a non identificare la micro-democrazia soltanto col piccolo quadro 'funzionale' (gruppo professionale, associazione sportiva, ecc...). Bisogna che sia consentito di praticare la democrazia principalmente al livello delle comunità 'territoriali', laddove si pone, in maniera concreta e quotidiana, il problema della *solidarietà attiva* fra cittadini. A questo scopo la Costituzione europea, che mi auguro sia adottata dal primo Parlamento eletto, deve espressamente prevedere, accanto ai diritti e alle libertà personali, l'autonomia politica delle comunità regionali e locali. Occorre altresì prevedere la tutela giuridica-costituzionale, direttamente a livello di Unione europea, di questa autonomia. Sul piano istituzionale dell'Unione, il 'valore' dell'autonomia territoriale sub-nazionale dovrà esprimersi attraverso un organo rappresentativo dei poteri regionali e locali (mentre le autonomie 'funzionali' e corporative sarebbero rappresentate in seno al Comitato economico e sociale, o in organo equivalente). In conclusione, le elezioni dirette del Parlamento europeo saranno la prima occasione ufficiale per l'esercizio di ruoli politici corrispondenti a uno *status* veramente attivo di cittadino europeo. Non va dimenticato che il compito di un Parlamento eletto, per la prima volta, da quasi 180 milioni di cittadini, non potrà non essere, nel nostro caso, un compito 'costituente'. In vista di ciò, bisogna dare alla legittimazione dei futuri parlamentari europei un forte contenuto d'idee e di appoggi. Pertanto, la discussione, anche prescrittiva, sullo *status* politico sopranazionale dei cittadini europei non costituisce un'evasione utopistica: essa stessa fa già parte di un processo costituente.

VI COME ESPRIMERSI A BREVE TERMINE

A questo punto, qualcuno potrebbe obiettare che, più che dei 'mezzi' d'espressione, io ho trattato del 'cosa' dovrebbe essere espresso al livello sopranazionale europeo. Mi ero d'altro canto premurato, fin dall'inizio, di avvertire che nel sistema comunitario attuale non c'è praticamente alcuno *status* 'politico' per i cittadini. È per questo che ho preferito sviluppare

una specie di riflessione ad alta voce sui ruoli che io, in quanto cittadino, vorrei esercitare in questo sistema, partendo dai motivi di ordine strutturale che ci hanno tenuti, noi cittadini, al di fuori del processo politico sopranazionale europeo.
La prospettiva concreta delle elezioni dirette del Parlamento europeo sta ora per cambiare questa situazione. L'esercizio del voto elettorale consacrerà ufficialmente il nostro *status* politico 'europeo', ma fin d'ora esiste la possibilità di esercitare alcuni ruoli politici abbastanza significativi. Si stanno effettivamente creando gli spazi e le condizioni strutturali idonee.

In che maniera, dunque, ci si potrà esprimere *politicamente* prima della data delle elezioni dirette? Il contesto che ci interessa più da vicino è evidentemente quello dei processi d'*input*. In altre parole, si tratta di formulare delle domande politiche, di preparare dei programmi politici, di reclutare delle persone a pieno tempo per le attività europee, di fare circolare una maggiore quantità di messaggi e di idee in materia europea. Tenuto conto del disegno strategico di cui ho parlato, il principale obiettivo in questa fase è di avviare una solida struttura che sia in grado di raccogliere e organizzare la maggior quantità possibile di *input* sociale (domande, aspettative, critiche, appoggi): cioè, assicurare fin dall'inizio il massimo di ricettività e di alimentazione per il sistema sopranazionale. Innanzitutto, bisognerà confezionare delle domande politiche ben precise (niente più generico europeismo...). A chi indirizzarle? I principali interlocutori, in questo momento, non sono più i governi — i quali hanno già adottato la storica decisione di sottomettere ai rispettivi parlamenti la convenzione sulle elezioni europee —, ma i parlamenti nazionali e, conseguentemente, i partiti politici. Si tratta dunque di organizzare una rete di comunicazioni (e di pressioni) tra i partiti e gli ambienti rappresentativi dei vari strati del corpo sociale. In primo luogo, occorre individuare i tipi di interesse che si vogliono perseguire: probabilmente, non è opportuno in questa fase presentare domande di 'categoria', ma piuttosto domande 'di struttura', miranti cioè ad avviare processi politici in grado di coinvolgere le grandi forze sociali. Bisogna altresì organizzarsi per dare credibilità politica alla domanda in materia europea e per esercitare tutta l'influenza necessaria a farla accettare. Proprio in vista dell'efficacia della domanda, si impone l'esigenza di concentrare le forze già disponibili e di adattarle ai nuovi compiti politici. Il momento è favorevole ad una ascesa vigorosa delle associazioni e dei movimenti di promozione europea, i quali hanno finalmente l'occasione di uscire dal limbo: essi devono agire come strutture specializzate appunto nella formazione delle domande politiche indirizzate al sistema politico comunitario.
L'efficacia delle domande dipenderà, oltre che dall'importanza dell'organizzazione, dalla specificità del loro contenuto. Bisogna chiedere cose molto precise: tra l'altro, che i nove parlamenti nazionali approvino al più presto la Convenzione sulle elezioni dirette (com'è noto, il Parla-

mento italiano l'ha già fatto); che nelle diverse leggi elettorali (ciascun paese adotterà, separatamente, la propria) sia sancita l'incompatibilità fra il mandato parlamentare nazionale e quello europeo; che queste leggi tengano conto delle realtà regionali nella definizione delle circoscrizioni elettorali.

Un altro importante *input* emesso dalle strutture di base in questo stadio mirerà a spingere i partiti politici a organizzarisi in maniera sempre più autenticamente europea, per la preparazione dei rispettivi programmi elettorali: ciò che comporterà il reclutamento di personale specializzato *ad hoc* all'interno dei vari partiti. Sarà pertanto necessario organizzare corsi di studio, *stages* di formazione, dibattiti. Ci sarà una domanda di esperti in materia europea: e se non ci sarà, occorrerà provocarla.
Ecco una prima indicazione di ruoli europei a breve termine. C'è del lavoro per tutti. Beninteso, ognuno resta libero di non impegnarsi su questo terreno. Per quanto mi concerne, penso che l'ampliamento della sfera politica, in senso attivo, dei cittadini sia un elemento molto importante di promozione umana. Sono pertanto d'accordo con Pericle allorquando afferma che chi non partecipa alla vita politica non può essere considerato un uomo tranquillo, ma piuttosto un uomo inutile.

A. P.

Colloquio organizzato a Torino, il 21 e 22 Ottobre 1976, dal 'Movimento per l'Integrazione Universitaria Europea', in collaborazione con la Commissione delle Comunità Europee.

BIBLIOGRAFIA E NOTE

1 Sul tema della partecipazione politica v., tra gli altri: C. PATEMAN, *Participation and Democratic Theory*, Cambridge University Press, 1970; GERAINT PARRY (ed.), *Participation in Politics*, Manchester University Press, 1972.

2 Se si definisce la personalità come « una combinazione di ruoli che l'individuo gioca nelle sue relazioni sociali » (F. LEONARDI, *Elementi di sociologia*, vol. III, *Forme e processi culturali*, F. Angeli, 1971, p. 57), bisogna convenire che il cittadino nella Comunità europea, non avendo ruoli politici da esercitare (ma solamente ruoli giudiziari), è sprovvisto di qualsiasi personalità politica.

3 Per un'analisi dei sistemi politici v., principalmente: D. EASTON, *A Systems Analysis of Political Life*, J. Wiley and Sons, 1965; G. A. ALMOND - G. B. POWELL, *Politica comparata* (trad. ital.), Il Mulino, 1970.

4 Sul tema specifico dello 'sviluppo politico' in relazione alla Comunità europea v., tra gli altri: L. N. LINDBERG - S. A. SCHEINGOLD, *Europe's Would-Be Polity: Patterns of Change in the European Community*, Prentice-Hall, 1970: A. PAPISCA, *Comunità europea e sviluppo politico: contributo all'analisi del sistema comunitario europeo*, Editori Meridionali Riuniti, 1974; IDEM, *Europa '80: dalla Comunità all'Unione europea*, Bulzoni, 1975.

5 V., tra gli altri, J. MEYNAUD - D. SIDJANSKI, *Les groupes de pression dans la Communauté européenne*, Editions de l'Institut de Sociologie de l'Université Libre de Bruxelles, 1971.

6 Sui problemi della democrazia v., in particolare, la stimolante discussione *Il marxismo e lo Stato*, Quaderno di *Mondoperaio*, 1976; v. principalmente il saggio di N. BOBBIO, *Quali alternative alla democrazia rappresentativa?*, *ibidem*, p. 19 ss..

7 Per questi dati, v. *Eurobarometro*, n. 4, 1975 (Commissione delle Comunità europee, Bruxelles).

8 Cfr. A. PAPISCA, *Europa '80*, cit., p. 218 ss.

9 Ricordo, tra le altre, la 'contestazione' del Parlamento europeo fatta l'11 marzo 1969 da un gruppo di studenti e professori dei vari paesi membri della Comunità: v. al riguardo *Il Messaggero*, 12 marzo 1969, p. 13.

10 Cfr. D. EASTON, *op. cit.*

11 V. A. PAPISCA, *Comunità europea e sviluppo politico*, cit., p. 136 ss.

12 V. *Eurobarometro*, n. 4, 1975.

13 V. C. A. MORAND, *Le contrôle démocratique dans les Communaulés Européennes*, comunicazione presentata all'VIII Colloquio sulie Comunità europee, organizzato dall'Università di Liegi, Istituto di Studi Giuridici Europei, 1976, p. 9.

14 V. *Eurobarometro*, n. 4, 1975.

15 Sul tema del 'consenso permissivo' v., tra gli altri: L. N. LINDBERG - S. A. SCHEINGOLD, *Europe's Would-Be Polity*, cit.; A. PAPISCA, *Comunità europea: dal consenso permissivo alla partecipazione politica*, in Rivista Italiana di Scienza Politica, 1976, n. 2, p. 289 ss..

16 V. la discussione in *Mondoperaio*, citato alla nota 6.

17 V. N. BOBBIO, *Quali alternative alla democrazia rappresentativa?*, cit.

The Citizen's Means of Expression in Developing a Socio-political System

ANTONIO PAPISCA
Università di Catania

TO FIND A EUROPEAN POLITICAL STATUS FOR THE CITIZEN - I

I shall treat the subject from a mainly *prescriptive* standpoint, not merely for the sake of being prescriptive, but because there is little to *describe* or *explain* as regards the means of expression available to citizens under the present supranational system of the European Community. Practically speaking, the status of 'European citizen' has still to be created. However, I shall attempt to give a politologist's prescription, i.e. one based on the empirical procedure of *political engineering* so that the *diagnosis* stage precedes that of prescription. The problems involved in the construction of Europe, particularly those concerning the future of the present community system, are normally approached by separating the two levels, i.e. a prescription is made without formulating any satisfactory diagnosis. The countless plans for *what* European (political) Union, or part thereof, ought to be and *how* to achieve it, merely consist of operations of abstract deontology lacking all engineering and operational validity. They are merely flights of fancy into the future, in most cases, barely concealed by the juridical and institutional technicalities with which they are constructed. I think that from this standpoint, the Tindemans Report on European Union is one of the rare exceptions. Of course prescribing is not the same thing as *predicting*. Without going into a detailed explanation of the difference between the two operations, I shall merely point out that while scientific prediction (I am using the adjective 'scientific' in the meaning laid down by students of the social sciences in their present stage of development) is based on a diagnosis which in turn depends on the accurate surveying of the universe being observed, a scheme of prescriptions is based not only on the diagnosis but also on a qualitative choice, a *judgment* of conformity or difformity with respect to given standard 'values' which takes on a paradigmatic value for the prescriber.

Before beginning the treatment proper, I think it would be a good idea to outline briefly what I mean by the term 'citizen's means of expression'. The actual expression is decidely more *sociological* than *politological*; in political science, to use a conceptual category now in vogue, one would perhaps say 'political participation'. Be that as it may, as a politologist, I consider that the 'sociological' form of expression is acceptable; firstly, because the term 'participation' has been much abused and no longer has any precise or univocal meaning; secondly, because of the pregnancy of the expression which is meant here to signify the dynamics and growth of a personalistic as well as associative type, of roles in the context of a European supranational political system (whereas 'participation' is *one* of the ways political roles are expressed

and always implies a direct relationship with a structure of authority)[1].

Having said this, the problem is to know whether, in the absence of any *formal* political status in the system we are interested in, the citizens have *de facto* the opportunity to act politically within such a system, i.e. whether they do or can exert in it concrete political roles. In our case, the operation of reconstructing the political status of the citizen in the European Community system is unfortunately very simple: the extremely small number of roles he is allowed to play boil down to a *status* of mere 'recipiency'. This is tantamount to a passive status of *dependence*. In other words the citizen's status in the present European system is not that of political operator but that of a mere recipient of the measures taken by the supranational structures of authority. Only in a functional subsystem of the European Community, i.e. the jurisdictional one, is an active position found: the citizen does possess the power to initiate proceedings. The nature of the European Community system will thus obviously be guaranteeist and sanctionative (as opposed to the participatory nature of other democratic political systems). Once again reality shows us how the juridical personality and the political personality are not the same thing, or at least do not always coincide[2].

Precisely because of the presence of a passive, 'ascribed' status and the resistence of existing institutions to permitting the dynamics of the 'achieved' status, much less stimulating it, the problem of the means of expression obviously becomes crucial. Our investigation should reveal those means of expression which are suitable for triggering the process of changing the status from passive to active.

STRUCTURAL DIFFICULTIES HINDERING ROLE DYNAMICS - II

The first objective is to explore the behaviour of the essential functions of the European Community system which more closely involve, or are more likely to involve, both the individual and the associative spheres of the citizens: the *articulation* and *aggregation* of their interests, *recruiting* into political roles, political *communication*[3].

The function of interest articulation consists of translating the expectations transmitted by the citizens, whether singly or by groups, into definite 'political demands', to the structures of authority. This is the basic function of all political systems, i.e. the one that, by providing it with the environmental input required for decision-making and thus for the normal progress of all the main systemic functions, nourishes it and makes it last in time. The formation of political demands is thus the first basic operation that makes the needs-interests of the society 'understandable' to the official institutions, although it is not enough by itself to ensure that these needs are satisfied. Organisation is indeed still a fragmentary representation of the interests of society. In order for the decision-making machine to be able to process the input it receives the single political demands must be grouped into a series of 'political programmes' (which, in democratic systems, will be alternative to one another). This takes place through the so-called function of interest aggregation. By exercising these two functions the citizens cease to belong to the 'environment', i.e. to a reality that is only potentially relevant to the political 'system': by exercising political roles (i.e. by formulating political *demands* and *programmes*) they become part of the structures making up the system as such.

In modern political systems, particularly of the democratic-representative type, the functions designed to form the political input are carried out by a multitude of structures of a generally associative nature which have a high degree of functional autonomy in comparison with the other structures of the system, in particular with those which are part of the governmental sub-

system. The structural differentiation and functional autonomy of the subsystems do not correspond only to needs of efficiency but also to basic values of the democratic conception: freedom of association and freedom of expression[4].

The present political system of the European Community is 'deviant', as it were, from the value standards of the political systems of Western democratic tradition. To begin with, only a small portion of the European social body can participate (vertically) in the processes of formation of the political demand; this takes place mainly in a corporative context where the stronger 'interest groups' (e.g. the Union of Industries of the European Community, the Committee of the Organisations of the Agricultural Profession, etc.) still exert all the pressure they can (lobbying)[5].

As for the function of interest aggregation it is found that the elaboration of political programmes, which in Communitary law are known as 'proposals', prepared by the Commission and sent to the Council of Ministers, takes place in a way that is by no means alternative or competitive and is the exclusive task not of participative or at least representative structures, as is normal for democratic regimes, but of structures of authority such as the Commission, or the powerful Committee of Permanent Representatives (of the States), COPERER. At the level of this function, albeit amid all kinds of uncertainties and delays, it does seem as though there might be a role for the trade union organisations; this will be dealt with later. For the time being, it must be stressed that if it is possible to speak of any political 'expression' in connection with the present European Community system, with all the limitations associated with its structuring in rigidly corporative and lobbyistic terms, this can be done only at the stage of interest organisation. In representative democratic political systems the function of interest aggregation (or of political programme formation) is mainly carried out by associative structures specialized in this kind of activity and designed to bridge and overcome the inevitable individualistic and corporative gaps occurring during the formation of the political demand. The reference is above all to the political parties. These structures can be distinguished by means of their *territorial* nature (as opposed to the *functional* nature of the corporative groups) and by their *horizontal* (not *vertical*, as in the case of the above groups) attitude to the needs of the social body. In the European Community the role of the political parties is (except for the small space reserved for the powerful corporative interest groups mentioned earlier) played by the Commission and the various intergovernmental committees coordinated by the COPERER. The result of this situation, as I shall endeavour to show more clearly during the diagnostic formulation, is a state of structural indifferentiation (basically between input and output) which helps isolate the Community's political system from the European social environment and accentuates its technocratic, 'summitistic' and even autocratic nature.

Only in one community organ, the Economic and Social Committee, can any direct form of expression of the citizens regarding the elaboration of community policies be found. However, it is common knowledge that the influence this organ has on the functioning of the European supranational system is negligible. This is due to a series of factors that I shall merely outline briefly. First and foremost, the representation of the European society provided by the Economic and Social Committee is also of a corporative type, by social and productive categories: « the composition of the Committee must reflect the need to provide an adequate representation of the different categories of economic and social life » (art. 195 of the Treaty of Rome). Inside it, the aggregation around the so-called 'general interests' has no concrete meaning whatever: from the viewpoint of corporative action, a few 'categories' monopolize the pressure. Besides, the appointment of the members of the Committee, who ought to be 'repre-

sentatives' of sections of society, is made by the national governments, albeit on the basis of nominations made by the associations and groups concerned. The decision-making powers of the organims are merely consultative in nature and its 'opinions' are not binding. To this one must usually add the very poor technical construction and the approximate and simplistic content of the opinions (a recent example of this low-quality production is the committee report on European Union, the most generic of all those presented by the Community institutions to Belgian Prime Minister Léo Tindemans).

Let us now come back to trade union associationism which, at least potentially, is the most important phenomenon at input structure level for the Community system. The European Confederation of Trade Unions, which was set up in 1973, is actually the only supranational macro-structure with a solidaristic vocation capable of carrying out an effective action of representing the 'horizontal' interests of the European social body and of counterbalancing at the same time the 'summitistic' action of the community institutions and the corporative lobbying of the interest groups. So far no important results have been achieved by this enormous potential influence except for the setting up of a procedure for consultations (the so-called three-party conferences) the 'poles' of which are formed by the 'social parties' (workers' and employers' unions), the Council of Ministers and the Commission. The first formal 'conference' was held on 18th November 1975 on the theme « The Economic and Social Situation in the European Community ». The second was held on 24th June 1976 on the subject of « The Resorting of Full Employment and Stability in the European Community ». Earlier, a further two three-way meetings had been held, respectively on employment (27-28th April 1970) and on the prospects of a European social policy (16th December 1974).
Even after these conferences, the influence of the trade union organization within the European Community system was still very weak and by no means proportional to the importance and number of the interests it represented. This weakness is due also to the delay with which trade unionism was coordinated at European Community level and to thei deological differences that continue to exist within the Confederation (especially after the admission of the CGIL) and outside it (the French CGT is still not a member). However, I believe the main cause of this state of affairs to lie in the nature of the Community structure itself, as an intense, shall we say, genuine, trade union action carried out inside the present community political system would, in the absence of a valid subsystem of 'European' parties, lead to the risk of the trade union organisation being directly involved in governmental action at supranational level, with all the attendant dangers of altering the objectives and demands proper to all trade unions. By this I do not mean that there will be no short-term roles for the European Confederation of Trade Unions, e.g. taking part in the work of the European Centre for the Promotion of Professional Training, of the Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions in the Community and, above all, of the Committee for Employment, but the traditional consultative limitations will still apply. In its reply to the written question by a European parliamentarian, Lord O'Hagan (n. 665/74), the Commission made it clear that it « has always attached great importance to the close cooperation with the workers' organisations set up through the representative trade union movements at European level » and that « consultations are organised precisely for the purpose of ascertaining the opinion of the social parties so that they can be taken into account by the Commission when it is defining community policy ». However, the very fact that an *ad hoc* question had been asked showed that there were rooted suspicions about the real importance of the

trade union's role within the Community. It is obviously not the Commission's fault, as the latter indeed does all it can to debate with the so-called social parties. It is worth mentioning, among other things, that the Commission services include a 'Trade Union Division' which has the task of promoting, in cooperation with the trade union organisations, training and information programmes on European problems related to the world of labour. The fault lies with the structure of the community system as a whole. Any effective trade union action having a strategic scope presupposes the existence and the functioning of an aggregation subsystem for social interests of a territorial, horizontal and popular nature, which is completely absent in the present community system. In other words, European trade unionism will have no room for manoeuvre at supranational level unless it devises for itself a more correct 'division of political labour' at community level, that is to say, both qualitatively (democratization) and functionally (role distinction and autonomy) correct.

This leaves the question of the functions of recruiting and political communication needed by any political system for its construction and adaptation. It is significant that the way in which the recruiting function is implemented, i.e. the admission of citizens in political roles at different levels, is symptomatic of the degree of 'openness' and 'democraticalness' of the system and the best indication of the actual possibilities of expression the citizens are allowed. The universal idea of democracy, despite all the 'extensions' and 'concessions' made in the name of 'efficientism', élitism and technical competency, holds firm on one point; the existence and safeguarding of the real possibility the citizens have, by periodically exercising their right to vote, of changing their rulers, i.e. those who play the roles of authority in the system[6]. And yet, at European supranational level, this stronghold, although provided for in the institutive treaties, has yet to become reality. All the political roles of any importance are filled by means of co-optation within the sphere of action of the governmental structure at the top, whether these political roles are 'dramatic' (like those of members of governments or parliaments) or 'technical' and 'functional' (those of members of the Commission and of the numerous intergovernmental committees). The members of the Commission are appointed by the national governments, who also appoint the judges sitting on the Court of Justice, as well as the members of the various committees, including the 'representatives' of the social forces. Even the members of the European Parliament themselves, although elected to their European function within the chambers to which they belong, do not represent the peoples even indirectly as, with certain exceptions, that, however, only confirm the rule, specific European commitments are not normally contained in the electoral programmes for election to the national parliaments. Neither substantially nor formally can any legitimacy be attributed *in re europaea* to the members of the present Strasbourg Parliament. It must be admitted, however, that European parliamentarians have, on the whole, always striven to attain at least a certain degree of (substantial) legitimacy by vociferously demanding the democratization of the community institutions, taking an interest in the more keenly felt political and social problems and by developing, albeit unsystematically and somewhat superficially, the practice of *hearings*.

As for the function of communication, i.e. the transmission of messages of significance for the internal functioning of the political system as well as for the 'exchanges' with its own environment, it must be observed from the outset that it cuts across all the other functions and plays a basic role in the political processes of socialisation, mobilisation, change and recruiting. In our system, political communication is unfor-

tunately limited to the context of those playing the specific roles mentioned earlier, has no character of diffusivity and is virtually descendant from the authority structures at the top to the beneficiaries of the measures. There are no autonomous structures for the formation of alternative political programmes and this explains the lack of interest in starting up wider processes of political communication capable of allowing the European Community measures to circulate down to the (basic) levels. The promotional activity of the Commission in this sector has been highly restricted by the Luxembourg 'compromise' of January 1966, a kind of *diktat* agreed upon by the governments of the member countries of the Community to induce France to occupy its 'empty chair' after the well known institutional crisis that began in June the previous year. It must be pointed out that the 'policy of interests' characterising the main Community activities do not of course exclude communication and indeed imply the existence of an extensive network of channels for 'vertical' communication by compartments. The press at large and other mass media, which lie outside this network, devote scanty attention to European problems and show a preference for the real or alleged scandalous aspects; the latest of these was the threat of a two-speed Europe contained in the Tindemans report. It can thus be seen how the degree of popular information on these problems is rather low: 46% of Europeans believe that the mass media do not give enough coverage of community problems while 59% think that they deal with the same problems in a wholly superficial way (26% believe the opposite, 15% expressed no opinion on the subject). Also, 42% believe that the press at large is not objective enough in this field[7]. Of course, the lack of basic information makes it difficult to acquire a true *European political culture* and thus hinders the process of socialisation and political identification in the European supranational context. As I have had the occasion to say elsewhere[8], this state of affairs is in perfect keeping with the rigidly hierarchical and authoritarian nature of the system we are considering and has much in common with the colonial political systems. The European community institutions — and I am referring to the more powerful ones such as the Council of Ministers and the COPERER — may be compared with those of a metropolitan power fighting off any participative and autonomistic aspirations in the local social body by monopolizing the instruments of political culture, restricting the flow of information, banning the creation of efficient aggregation structures with a popular basis and favouring the setting up of direct bilateral relations between the metropolitan power and a myriad of segments of the local social body, i.e. by institutionalizing the divisions in the latter.

At this stage of the analysis, having observed that the space allowed the citizens for expression, except for that already occupied by the severely selected network of corporative and lobbyistic representation of interests, is virtually non-existent institutionally speaking, one can only explore the field of any 'anomic' manifestations, i.e. of behaviour occurring outside, beyond or even against the official rule sof the system. These expressions obviously do not correspond to any pre-ordained status. From time to time one hears of protest demonstrations, sit-ins, wine wars, marches of farmers, housewives or truckdrivers of one member country or another, who consider themselves to have been affected by certain community measures and demand the passing of more favourable measures. These are atypical forms, as it were, of construction of the political demand. Also demonstrations of a more obviously supranational nature, e.g. the 'contestations' on the occasion of the meetings of the Council of Ministers (the most heavily attacked has been found to be the Council of Agricultural Ministers!). It must be admitted, however, that, although they are structured at supranational levels, most of these demonstra-

tions continue to be corporative in nature. Less numerous, and quantitatively less significant (although increasing in number), are those of the horizontal stratified type, e.g. the marches and meetings of the European movements[9]. This type of demonstration still does not include true 'European' strikes called simultaneously in all member countries of the Community and for the same objectives. It is by no means my intention to suggest extending to community level an Italian habit which has now become a bad one, or even to give a value judgment on this type of anomic behaviour; I shall merely point out its absence in the community system and consider it as indicative of the almost non-existent possibilities of horizontal expression of the European social body.

THE DIAGNOSIS: AN UNRECEPTIVE SYSTEM - III

I shall now try to sum up the situation with a view to providing a diagnostic picture that is as synthetic as possible. I have already mentioned the élitist and autocratic nature of the European system and the essentially corporative nature of its input structures. In many artificial social systems, that is, systems created because someone wanted them, i.e. not existing in nature, and designed to produce something, mainly if not exclusively to the benefit of those that created them, there is an enduring distinction even after several generations of successions, between the founding members and any other members of the system. Also the present political system of the European Community is an artificial one that, although involving 250 million people in that it is basically both directly and immediately binding for them by means of its measures accompanied by authority, after twenty-five years of existence, is still administered, controlled and to a large extent fed by the small group of operators that created it. Indeed, the founders' club, previously six in number and now nine, i.e. the national government subsystems represented by the respective political and bureaucratic leaderships, has perpetuated itself and constantly enhanced its position as a control and filter, by institutionalising the so-called 'union of states' through 'political cooperation' and, even earlier, through the above-mentioned Luxembourg compromise and by setting up stronger structural links between *supranational* Community Europe and the nine-member *intergovernmental* Europe.

What David Easton calls the 'political community' of a system[10], i.e. in our case, the scheme for the division of political labour at European Community level (in other words, the sphere of actual and potential action of the Community institutions divided up into subjects, sectors and jurisdiction) have never accepted as members those who by right and in fact, are the beneficiaries of the powers exerted within that sphere, i.e. the citizens of the nine member countries. Later modifications to this sphere have been made from above, often without any guarantee of ratification by the national parliaments. Suffice it to mention the Luxembourg compromise, the regulation of the system of 'political cooperation' (Davignon system), the creation of the so-called European Council (summit of heads of state and/or government of the nine member states). The 'club of the nine' continues to possess and control what may be defined as the 'genetic stages of supranationality', i.e. the phases and modes of extending the 'political community' at European level[11] and to act as powerful gatekeepers in the interactive dynamics between the community system and its environment. The exercise of this gatekeeping function ends up by keeping the Community system in a sort of aseptic solitude and deprives it of the important backing and stimuli that it could obtain from its popular basis. The lack of active 'political' involvement of the European social body in all its forces and above all in its horizontal and legitimizing dimension as an

electoral body, cannot be justified by claiming that the community institutions have to deal with technical and well-defined matters and, for their measures to be effective, can only permit an equally precise and thus restricted and élitist participation. Thus the sphere of competence and powers of the supranational organs on the other hand takes in matters of vital importance for the European social body even at more popular levels. This seems to have been realised by public opinion itself when it expressed its judgment on the degree of importance of the problems treated by the community institutions: 77% of those interviewed considered these problems to be 'important', 11% thought they were 'fairly important', only 4% considered them 'of no importance', and 8% expressed no opinion. At the top of the list of the problems of public opinion is that of prices and the family budget, followed by those of a personal nature and those relating to works and employment. Among the problems considered as important and for which Community action is called are, in order of importance, the anti-inflation campaign, protection of the environment, consumer protection, energy supplies, 'speaking with a single voice' in the field of global international relations, the coordination of social policies, the modernization of agriculture, the reduction of regional inequalities, the creation of a European currency, aid policy for Third World development[12].

These data show that there is a potential input or, if one prefers, a series of expectations, of a patently horizontal and stratified type whose expression in terms of specific political demands can only take place through the activation or political mobilization of the territorial section of the European social body. The political activation of the latter in all its forces is also necessary for the duration and stability of the supranational system: the lack of any electoral stage as the main characterizing stage of the functioning of the supranational system, actually deprives the European Community of a precious quantity of political demands and widespread support. It is thus not only a question of greater or lesser democracy but also of the greater efficiency and utility of our system in time. The diagnosis thus reveals a pathological situation characterized by a very low degree of receptivity of the system compared with the input from its social environment: this has been explained as being due to the absence of political roles for the European social body in its territorial and popular strata. The practically non-existent receptive capacity is accompanied by a proportionately high capacity of regulation and decision (capacity for imposing terms on people: cf. the innumerable community 'regulations'), a fairly high extractive capacity (cf. the system of the Community's own resources), an average distributive capacity (cf. the activity of the various European 'funds') and an non-existent symbolic capacity (capable of touching the Europeans' 'feelings').

THE FORECAST: DEMOCRATIZATION OR CONSUMPTION - IV

The diagnosis I have attempted to outline ought to allow a few predictions to be made regarding the system's tendencies. It has been seen how the pathology affects the main functions, from the formation of the political demand down to recruiting for the political roles. In the absence of action to neutralize the spontaneous tendencies of the input structures towards corporativism and those of the output structures towards autocracy, the prediction is that the system will tend towards consumption as a result of insufficient supply from the environment. Consumption may temporarily be put off by strengthening the demands and support from within the authority structures of the system (the so-called *withinputs*) and greater gatekeeping activity in exchanges with the environment, i.e. by increasing the degree of con-

trol over the system and the behaviour of the social forces; however, this is the last trump of authoritarian regimes. And this is what was being attempted when the nine governments set up the machine of 'political cooperation'. This initiative, which began at a level of the intergovernmental structures and was supposed to reinforce what has been defined as « the temporary dictatorship of the executives »[13], has already shown itself to be powerless to stop the impoverishment, both in quality and efficiency, of the community system as a whole.

The decision of 20th September 1976 whereby the Council of Ministers of the Community adopted the Convention for direct election to the European Parliament is indicative of a desire to move towards another type of therapeutic action which is much more effective in the medium and long term, i.e. the electoral process will actually make the input structures more dynamic and activate the reservoir of political demands and widespread support formed by the European electorate. The survival and development of the Community political system call for a balancing operation to be carried out among the predominant output structures and the insufficient input structures, i.e. a new relationship must be set up between the decision-making phase at the top and that of the expression of the popular rank and file. Although there are still many uncertainties and delays here and there (e.g. the position of the Gaullists and French Communists, the Labour Party and other political forces), this type of action seems to have won over the governments of the nine member states of the Community.

Why, therefore, is the European election set for 1978 so important, quite apart from the assigning of greater powers of resolution or control to the Parliament that will be directly sanctioned by the European social body? In my opinion, it is important above all because of the chain-reaction effects of a structural nature that it will *induce* in the entire Community system and which will transform it profoundly. I am not referring, of course, to the additional legitimacy accruing to the supranational institutions; it is common knowledge that legitimation is not an automatic or formal phenomenon taking place *una tantum*, but a substantial and continual process. Thus, if there is to be a European election there will have to be specifically European election campaigns and therefore European political programmes (so a function of political aggregation will be set in motion). And if one wishes to avoid these programmes remaining mere abstract constructions, it will be necessary to stimulate the formation of definite political demands (i.e. the function of the organisation of the basic interests will be set up). The elaboration of demands and political programmes will lead to the involvement of men and groups at various levels and will oblige them to create structures that are suitable for their purpose, i.e. differentiated and autonomous with respect to the authority structures of the Community political system. Besides, in order to obtain votes and support the political parties will have to inform the voters of their programmes and their candidates. The need will thus be felt for more intense political information on European issues and new communication networks and instruments will be created. Then there will be an increase in the number of political roles at supranational level as well as of occasions for and forms of recruiting. Competition for access to the various roles will bring about a confrontation between personalities, ideas and alternative programmes. The « cooptative » regime will, of necessity, be reduced, the Community arena will be further politicized and the Community political roles will become much more inviting than they are now.

It must be stressed that this type of therapeutic action is in perfect harmony with the expectations of public opinion, as is shown by the public opinion polls carried out in the member countries of the Community:

64% of the citizens declared that they were favourable to European elections while only 18% were unfavourable[14]. These data, when compared with those relating to the need to achieve European Union and with those concerning the opinion on the deterioration in the general situation (both economic and politico-social) within the individual national political systems (70% consider the internal situation to be 'rather worse' than it was four-five years ago), seem to indicate that the time is approaching when the so-called 'permissive consensus' from which the European Community system should already have been benefiting[15] will be transformed into a multiple crisis of legitimation, participation and identification with severe repercussions on the various national regimes of the member countries.

THE PRESCRIPTION: BEGIN WITH THE MOST INVOLVING PROCESS. THE REASONS BEHIND THE EUROPEAN VOTE - V

After anticipating the possible tendencies of the Community system and indicating what seemed to be the most urgent treatment, the content, style and means of the political status of the European citizen still remain to be determined. The first question to be asked in this connection is what is the profound motivation to *be* European citizens and to *express oneself* as such? As European political status is not an end in itself, what should its exercise allow one to attain: a higher standard of living? Full employment? The revival of the mythical idea of the opulent society? A wider safety margin in relations with the world super-powers? I personally believe that the objectives of economic growth, which are in any case perfectly legitimate and necessary, can be pursued without setting up a federal type supranational political macro-system, but by means of a more rational and sincere cooperation between governments; this would thus mean reinforcing from the exterior, as it were, the political, bureaucratic and economic structures of the individual national states. If European Union was to be of practical use in this type of operation aimed at saving and reinforcing the national state, it would be quite useless to concern oneself with the means of expression of the citizens at a level at which their presence would not have much meaning. Why worry about mobilising public opinion and the popular forces if there is nothing stirring about the cause? However, I believe that European Union, as well as our request to have a political status within it are not only justified but are actually necessary for the pursuit of objectives and 'political goods'. Firstly, the good of democracy. I am convinced that only through the creation of European Union, of a certain type of European Union, of course, it is possible to combat and reverse the process of deterioration of 'democratic practice' in our national political systems. For this purpose an intergovernmental type technocratic organisation, which would necessarily be directed towards functional *efficiency* rather than towards the *quality of* political relations, would have the opposite effect. Thus it would accentuate those characteristics and tendencies, i.e. towards executivism and red tape, that today hinder the progress and maturation of the genuinely democratic values inside our national states. European Union as a supranational political system would thus not be a good in itself a new holy myth (the usual blank cheque made out to the institutions...) but a tool for achieving more *democracy* and a *better democracy* in a politico-institutional context that is also materially and economically better off.

At this stage let us try to predict in greater detail the motivations that should underlie our political roles at European level. When, in 1978, with the approval of the nine national parliaments (called upon to ratify the convention of September 1976) the citizen will vote for the first European parliament in history, he will basically ask himself two questions; the first and easier

one, will concern the names of the candidates; the second, more difficult one, will concern the underlying reason for this election added to so many other existing ones (national, regional, provincial, cantonal, municipal, district, etc...). My answer is as follows: I want European Union, and thus the direct election on which it is based, because it could and should provide me with the *structural* possibility of continuing to try out democracy in all its forms, including those considered by our tradition (but this is the tradition of the national state...) as incompatible or impossible. I want democracy to be 'declined' at all levels of political life: political democracy and social democracy, territorial democracy and functional democracy, representative democracy and direct democracy, micro-democracy and macro-democracy, industrial democracy and educational democracy, etc. My answer to the question 'which democracy' is thus 'all democracy'. The narrow and clinging dimensions of the national state will set the dimensions, that is to say, the limits, to democracy itself if one does not find the courage to question them with a sincere view to *structural change* and of overcoming them together with all the incrustations included in them. I am convinced that the territorial and functional spaces suitable for accommodating the achievement of all forms of democracy in the light of the principle of '*compatible pluralities*' actually do exist; one has only to recognise them, adapt them and develop them. I am also convinced that the conditions and occasions exist today to develop, not only meditation but also experience in this connection. In Western Europe, the great political parties of moderate tendency, the ones that, among other things, constructed the present European Community, have realised that the wielding of power alone, without the aid of new ideas and openness to change, no longer pays in the long run. Also the left-wing parties, including the Communists, have realised that they have been too concerned with 'party' structure and strategy as such and now find themselves in political, social, economic and cultural contexts in which the strategy they have theorized is no longer of any use (just as a certain type of hypostatized political party is of no further use). The need begins to be felt for a new conception of the state (or rather of the political system) which is different from both that of the Liberal-Bourgeois-Welfare state and that of the authoritarian regimes of the so-called people's democracies[16]. The situation is now open precisely because of this search for a new model of political system capable of guaranteeing *complete democracy* without losing the levels of prosperity reached by our societies.

The representative democracy by which our national-state systems are formally characterized is no longer sufficient and reveals more and more plainly its, nevertheless necessary, 'artificial nature', as the processes of bureaucratization and technocratization of the government institutions have gradually isolated the representative institutions and any other institution that no longer has a scale ratio with the order of magnitude of the social inputs. But the national states, following their historical trend towards centralization, do not permit this deterioration to be corrected, as they prevent the experimentation of other, more genuine forms of democracy, in particular, territorial micro-democracy. Practically everywhere in our states there has been an increase in the trends towards greater autonomy at regional, provincial and local level; however, the various reforms aimed at 're-organising' the territory, instead of reducing these trends, have actually increased them. Now, the basis of territorial micro-democracy consists of an authentic 'political' autonomy, i.e. of a condition that is incompatible with the structure and, unfortunately, with the ethics of the national states. And this is not all. Even if, let us suppose, the various national state regimes were to decide — *independently* of one another and *each retaining its own « external » sovereignty* — to recognise the

sub-national autonomies at their right levels, the operation would resemble a blond leap as it would be taking place in a context of completely inadeguate 'capacities'. Inside each national state the risk would arise of dividing and weakening energies in the face of the immense problems of the purchase power of wages, employment, energy supplies, military defence, etc....
It must thus be admitted that the operation of 'recovering' democracy through regional and local autonomy implies restructuring the national state both inside (in depth, I should say) and outside, in a more extensive supranational framework.

But in this particular historical moment, there is another reason for which I think the nation-state is not only insufficient but also dangerous, i.e. the fact that it is placing me in an almost deterministic fashion before a *single* choice of regime (and perhaps even of system). This situation, which can be found in a more or less accentuated and dramatic way in most of our states (one must thus be careful not to consider Italy as the only plague victim...) is a historical process capable of bringing the construction of united Europe to a halt. The concrete danger exists of pseudo-solutions being adopted to crises and conflicts inside the individual national states — what Norberto Bobbio calls the 'short-cuts' to the solution of problems[17] — with irreparable consequences for European solidarity.
The rapid implementation of European Union, by opening up new political 'spaces' and activating deeper and more extensive political processes would allow the debate to be centered around the alternative to the present regimes in a more suitable context structurally speaking. The European macro-system would have greater resources and greater flexibility for ensuring free confrontation between the various forces and political ideologies. Above all it would guarantee the political and ideological debate would continue above and beyond those infra-national party situations occurring here and there as 'states of necessity'. In other words, European Union should serve as a chamber of decompression for the internal political situations in the process of exasperation.

Will European Union thus be a *panacea* for all the ills of the 'nation-state'? Will there not be any risk of replacing the nation-state as we know it by an imperial type macro-system in which the defects of the national political system would be magnified, i.e. wider *carte blanche* delegation to parliamentarians and more remote decision-making power which is thus less controllable by the rank and file of society, more extensive planning based on a higher degree of technocracy, etc...?
This is indeed a risk. In order for European Union not to be all this and not to be translated into the hypostatization of the state-type ideals and structures, a few guarantees must be demanded right from the start: it is indispensable that, in addition to the necessary macro-representative democracy, which will also have a 'European' dimension, for it be permissible to engage in new, even direct, forms of micro-democracy at the 'right' levels. By 'right' I mean those in which it is possible to maintain the most authentic ratio of scale possible between the order of magnitude of the needs-interests of the community in which one lives works and expresses oneself, and the order of magnitude, i.e. capacity, of the political institutions. And care must be taken once again not to equate micro-democracy only with the small 'functional' context (professional group, sporting association, etc...). One must be allowed to engage in democracy mainly at 'territorial' community level whenever the problem of *active solidarity* between citizens arises in a concrete and daily fashion. For this purpose the European constitution, which I hope will be adopted by the first elected Parliament, must make express provision, as well as for personal rights and freedoms, also for the political autonomy of the

regional and local communities. Provision must also be made for the juridical and constitutional defence of this autonomy. At the institutional level of Union the 'value' of sub-national territorial autonomy must be expressed through an organ representing the regional and local powers (while the 'functional' and corporative autonomies would be represented in the Economic and Social Committee or an equivalent organ). In conclusion, direct election to the European Parliament will be the first official occasion to exercise political roles corresponding to a truly active status of European citizen. It must not be forgotten that the task of a parliament elected for the first time by nearly 180 million citizens cannot help being, in our case, a 'constituent' function. As a result, the legitimation of future European parliaments must be provided with a powerful content of ideas and support. Thus even a prescriptive discussion of the supranational political status of European citizens is not Utopian escapism; it itself is already part of a constituent process.

HOW TO EXPRESS ONESELF IN THE SHORT RUN - VI

At this stage it might be objected that rather than with the 'means 'of expression I have dealt with 'what' ought to be expressed at European supranational level. On the other hand, I was careful to point out from the outset that, in the present Community system, there is practically no 'political' status for the citizens. This is why I have preferred to think aloud, as it were, about the roles that I, as a citizen, would like to play in this system, starting from issues of a structural nature that have kept us citizens out of the European supranational political process.

The concrete likelihood of the direct election of the European Parliament is now changing this situation. The exercise of the electoral vote will officially consecrate our 'European' political status, but the possibility already exists of exercising a few fairly significant political roles.

How, then, can one express oneself *politically* before the date of the direct election? The context we are most interested in is obviously that of the input processes. In other words, it is a question of formulating political demands, preparing political programmes, recruiting persons for full-time European activities, and of increasing the circulation of a larger quantity of European messages and ideas. In view of the strategic plan that I have spoken of, the main objective at this stage is to build up a solid structure capable of collecting and organising the largest possible amount of social input (demands, expectations, criticism, support), i.e. of ensuring from the outset that the supranational system has maximum receptivity and supply. First and foremost, precise political demands must be formulated (no more vague Europeanism...). Who must they be addressed to? The main participants at this stage are no longer the governments, who have already taken the historic decision to submit the convention on the European election to their respective parliaments, but the national parliaments and, consequently, the political parties. What is thus to be done is to organise a network of communications (and pressures) between the parties and the environments representing the various levels of society. In the first place, the types of interest to be pursued must be identified. In all probability, it is not suitable at this stage to present 'category' demands but rather 'structure' demands, i.e. aimed at setting up political processes capable of involving the great social forces. One must also organise oneself to give political credibility to the European demand and to exert all the pressure required to have it accepted. Precisely in order to have an effective demand, it is necessary to concentrate the forces already available and to adapt them to the new political tasks. The time is favourable for a vigorous boosting of the associations and movements to pro-

mote Europe and they finally have a chance to come out into the open. They must act as specialised structures precisely in the formation of the political demands aimed at the community political system.
The effectiveness of the demands will depend not only on the importance of the organisation, but also on the specific nature of their contents. Very precise demands must be made; for instance, that the nine national parliaments should approve the Convention on direct elections as soon as possible (the Italian parliament has already done so); that the various electoral laws (each country will adopt its own independently) sanction the incompatibility between the national and the European parliamentary mandate; that these laws take account of regional conditions in defining electoral constituencies.

Another important input coming from the structures at the base during this stage will tend to compel political parties to organise themselves in an increasingly authentic European fashion, for the preparation of the respective electoral programmes. This will entail recruiting specialised *ad hoc* personnel inside the various parties. It will thus be necessary to organise study courses, training periods, debates. There will be a demand for experts on European issues; if there was not, this demand would have to be created.
This is a preliminary survey of short-term European roles. There is enough work for all. Of course, everyone is free to remain uncommitted in this field. As far as I personally am concerned, I think that the broadening of the political sphere of the citizens in the active sense is a very important element in human promotion. I thus agree with Pericles when he says that someone who does not participate in political life is not a quiet man but rather a useless man.

A. P.

Translation: I. McGILVRAY - ROMA

Meeting organised at Turin from 21-22 October 1976 by the 'Movimento per l'Integrazione Universitaria Europea', in cooperation with the Commission of the European Communities.

BIBLIOGRAPHY AND NOTES

1 On the subject of political participation see also: C. PATEMAN, *Participation and Democratic Theory*, Cambridge University Press, 1970; GERAINT PARRY (ed.), *Participation in Politics*, Manchester University Press, 1972.

2 If personality is defined as a combination of roles played by the individual in his social relations (F. LEONARDI, *Elementi di sociologia*, vol. III, *Forme e processi culturali*, F. Angeli, 1971, p. 57), it must be admitted that the citizen of the European Community, having no political roles to exercise (only juridical roles), is completely lacking in political personality.

3 For an analysis of political systems see mainly: D. EASTON, *A Systems Analysis of Political Life*, J. Wiley and Sons, 1965; G. A. ALMOND - G. B. POWELL, *Politica comparata* (Ital. trans.), Il Mulino, 1970.

4 On the specific issue of political development in connection with the European Community, see also: L. N. LINDBERG - S. A. SCHEINGOLD, *Europe's Would-Be Polity: Patterns of Change in the European Community*, Prentice-Hall, 1970; A. PAPISCA, *Comunità europea e sviluppo politico: contributo all'analisi del sistema comunitario europeo*, Editori Meridionali Riuniti, 1974; IDEM, *Europa '80: dalla Comunità all'Unione europea*, Bulzoni, 1975.

5 See also, J. MEYNAUD - D. SIDJANSKI, *Les groupes de pression dans la Communauté européenne*, Editions de l'Institut de Sociologie de l'Université Libre de Bruxelles, 1971.

6 On the problems of democracy see, in particular, the stimulating discussion « *Il marxismo e lo stato* », Notebook of *Mondoperaio*, 1976; see mainly the essay by N. BOBBIO, *Quali alternative alla democrazia rappresentativa?*, *ibidem*, p. 19 *et seq.*

7 For these data see *Eurobarometro*, n. 4, 1975 (Commission of the European Communities, Brussels).

8 Cf. A. PAPISCA, *Europa '80*, cit., p. 218 s.

9 I remember, among other things, the 'contesting' of the European parliament on March 11th 1969 by a group of students and professors from different member countries of the Commu-

nity; in this connection, see *Il Messaggero*, March 12th 1969, p. 13.

10 Cf. D. EASTON, *op. cit.*

11 See A. PAPISCA, *Comunità europea e sviluppo politico*, cit., p. 136 *et seq.*

12 See *Eurobarometro*, n. 4, 1975.

13 See C. A. MORAND, *Le contrôle démocratique dans les Communaulés Européennes*, communication presented at the VIII Symposium on the European Communities organised by the University of Liège, Institute of European Legal Studies, 1976, p. 9.

14 See *Eurobarometro*, n. 4, 1975.

15 On the subject of permissive consensus see also: L. N. LINDBERG - S. A. SCHEINGOLD, *Europe's Would-Be Polity*, cit.; A. PAPISCA, *Comunità europea: dal consenso permissivo alla partecipazione politica*, in Rivista Italiana di Scienza Politica, 1976, n. 2, p. 289 *et seq.*

16 See the discussion in *Mondoperaio*, quoted in note 6.

17 See N. BOBBIO, *Quali alternative alla democrazia rappresentativa?*, cit.

Crolli, costruzioni e dizionari: congetture sulla storia della scienza

Relazione tenuta durante il dibattito su "Scienza e Società" nell'ambito delle manifestazioni dell'Anno Voltiano
Como, 28 Maggio 1977

ENRICO BELLONE
Università di Genova

Sono pochi coloro che riescono, oggi, a porre seriamente in dubbio l'importanza delle teorie scientifiche con cui conosciamo sempre meglio il mondo naturale: e quei pochi militano nei partiti filosofici che cercano di trasformare ogni vittoria del sapere in una sconfitta dell'uomo. Non si deve tuttavia trascurare il fatto che, anche tra coloro che tentano di valutare in modo non banale la crescita del sapere, esistono divergenze a proposito dei motivi che rendono razionali le teorie scientifiche e la loro dinamica. Queste divergenze riflettono una particolare situazione scientifica, filosofica e storiografica: e tale situazione si può riassumere affermando che è oggi popolare la tentazione di tracciare, in sede *unicamente* filosofica, *uno* schema di ciò che l'impresa scientifica dovrebbe essere, per poi lasciare agli storici della scienza il compito di confermare *lo* schema mediante esempi *ad hoc*.
Si può suggerire che una simile situazione sia riconducibile a due teorie qualitative sulla crescita del sapere: la teoria dei crolli e la teoria delle costruzioni. Nella misura in cui questo suggerimento può essere utile, si può poi esaminare la possibilità che entrambe le teorie su citate debbano essere sostituite da un approccio alla storia della scienza nel quale assumano rilievo due questioni. La prima questione riguarda la natura degli *oggetti* di cui si deve interessare la storia della scienza. La seconda questione riguarda la *dinamica* di tali oggetti, in funzione delle interazioni che al loro interno si sviluppano e che correlano i loro principali elementi costitutivi: le zone di regole (derivanti da teorie scientifiche), le considerazioni di natura filosofica (sul metodo scientifico) e le macchine (con cui si eseguono le esperienze e i controlli).

I LA STORIA DELLA SCIENZA SECONDO LA TEORIA DEI CROLLI

La teoria dei crolli è una teoria secondo la quale la crescita del sapere dipende dal metodo scientifico adottato da un singolo ricercatore o da una comunità di ricercatori. Questa teoria, nelle sue numerose varianti, afferma che i momenti più rilevanti nella crescita del sapere coincidono con le *crisi* che si producono nella scienza quando le critiche filosofiche

pongono in luce una o più inadeguatezze nelle regole metodologiche che guidano l'impresa scientifica.

Si tratta di una teoria che è stata ripetutamente applicata alla cosiddetta scienza classica e che ha profondamente condizionato molte immagini della scienza e lo stesso senso comune. I sostenitori della teoria dei crolli affermano che la fisica classica, ad esempio, è stata costruita attorno a un insieme ben definito di norme metodologiche molto tenaci: le norme del meccanicismo. Da questo punto di vista la fisica prequantistica e prerelativistica appare come un edificio di esercitazioni matematiche e sperimentali che è cresciuto su basi dubbie: toccò alla filosofia di un Mach o di un Duhem il dovere di illuminare lo stato di corrosione che minava ormai da tempo i fondamenti della fisica classica.

Una volta compiuto questo dovere eminentemente filosofico, apparve la necessità di abbandonare il meccanicismo e di costruire una nuova fisica secondo norme metodologiche conformi ad uno spirito non-meccanicistico. La teoria dei crolli, insomma, valuta come fondamentale il crollo del metodo: essendo crollato il metodo — e cioè la base dell'edificio — fu doveroso il crollo di ciò che sul metodo poggiava — e cioè la fisica classica. Di qui la vasta letteratura avente come oggetto la cosiddetta *crisi* della scienza tra la fine dell'Ottocento e i primi decenni del Novecento.

È degno di nota il fatto che la teoria dei crolli, in quanto privilegia il ruolo che avrebbero svolto le critiche al metodo, trascura i problemi interni alle singole teorie e ai singoli esperimenti della fisica classica. Il suo problema principale diventa, infatti, quello che riguarda le possibili cause che hanno innescato il processo storico di critica al metodo: e qui vi è spazio per la ricerca di cause o fattori *esterni* o *interni*.
La catena dell'argomentazione è del tipo seguente: in un primo tempo si hanno fattori (interni o esterni) che innescano una lotta filosofica attorno al metodo, in un secondo tempo si ha un indebolimento più o meno spiccato del metodo, in un terzo tempo si assiste allo sbriciolamento di alcuni programmi di ricerca basilari. Ma questa catena argomentativa è valida a condizione che il secondo e il terzo tempo siano effettivamente correlati e la correlazione implica che le singole teorie derivino dalle norme metodologiche.

Consideriamo allora questa correlazione. Essa può essere intesa in senso forte o in senso debole. Nel primo caso dobbiamo supporre che la struttura di una data teoria fisica e la sua dinamica temporale derivino da un dato insieme di proposizioni costituente il nucleo metodologico[1]. Non risulta, tuttavia, che le equazioni differenziali di Helmholtz per l'idrodinamica derivino dalle assunzioni helmholtziane sul primato della meccanica: le equazioni in oggetto derivano da regole connesse a particolari settori della matematica della seconda metà dell'Ottocento. E non risulta che il teorema-H di Boltzmann sia una conseguenza delle tesi boltzmanniane relative all'empirismo o all'atomismo dogmatico. È allora lecito affer-

mare che, nella sua versione forte, la correlazione di cui stiamo discutendo ha contenuto nullo: si tratta di una metafora letteraria.

Nella sua versione debole, d'altra parte, la congettura secondo cui le teorie derivano dal metodo si trova in condizioni ancora peggiori. Essa infatti sostituisce la tesi secondo cui i teoremi *derivano* dal metodo con la tesi secondo cui le dimostrazioni dei teoremi sono *influenzate* da assunti filosofici. Ma, mentre un problema di derivazione può essere chiaramente formulato, un problema di influenza è un problema fortemente ambiguo. Anche un amore infelice o una disfunzione renale esercitano influenze su chi lavora in un certo programma di ricerca: ma non costituiscono mai una motivazione credibile per la validità di un principio fisico o per la prova di un teorema in algebra. D'altra parte esistono delle interazioni tra filosofia e costruzione di teorie: il termine *influenza*, pertanto, serve a indicare una situazione banalmente vera, e cioè la situazione per cui l'edificazione della conoscenza scientifica è un processo globale nel quale intervengono argomentazioni di natura filosofica e considerazioni a forte carattere deduttivo. La fallacia della versione debole della nostra congettura è dunque la seguente: in essa si usa il termine *influenza* sottintendendo che il metodo gode del privilegio di determinare in modo causale alcuni momenti basilari nella costruzione delle teorie.
Tanto nella versione forte che nella versione debole la nostra congettura deve essere respinta, e, con essa, deve essere respinta la teoria dei crolli. Entrambe, nel tentativo di fondare le scienze sul metodo, riducono la scienza a filosofia e la storia della scienza a storia del metodo — a storia della filosofia.
Si può inoltre suggerire che l'incapacità della storia esterna della scienza a rendere conto dei problemi interni alle singole teorie fisiche e matematiche — oppure la tendenza della storia esterna a trascurare tali problemi — derivi dal fatto che l'esternismo non è altro che una variante socio-psicologica della teoria filosofica dei crolli.

Né deve essere tralasciato un altro fatto: una dipendenza forte delle teorie scientifiche da assunzioni filosofiche-metodologiche può implicare (ed ha implicato anche in modi drammatici) che la validità di un certo insieme di leggi fisiche o biologiche *debba* essere misurata in funzione della filosofia da cui quell'insieme dovrebbe derivare o con la quale esso è conforme. E con questo si intende semplicemente dire che, nel rapporto tra scienza e società, è molte volte accaduto e può ancora accadere che determinate teorie scientifiche vengano condannate o esaltate in base a criteri stabiliti da un filosofia vincente.
La teoria dei crolli, infine, è una madre feconda di caricature della storia della scienza. E sono caricature quelle che descrivono una inesistente crisi della scienza provocata da una inesistente rivoluzione filosofica. Nella realtà le scienze contemporanee sono il frutto di un processo rivolu-

zionario nella costruzione del sapere, e quel processo ha prodotto una crisi generale nella filosofia che su quel sapere indaga: ma nell'ideologia si acconsentì a capovolgere quel rapporto, raffigurandolo nei termini di una rivoluzione filosofica (metodologica) che avrebbe prodotto una crisi scientifica. La teoria dei crolli è un frutto di quel capovolgimento.

II LA STORIA DELLA SCIENZA SECONDO LA TEORIA DELLE COSTRUZIONI

La teoria delle costruzioni è oggi presente in due principali varianti che sono state ampiamente illustrate e messe a confronto durante l'*International Colloquium in the Philosophy of Science* svoltosi a Londra nel 1965[2].
Una prima variante è quella che si collega al cosiddetto falsificazionismo sofisticato. In essa si dispone, in primo luogo, di una articolata concezione della razionalità. Grazie a quest'ultima dovremmo essere in grado di scegliere quegli eventi storici che sono razionali per definizione, di fornirne una versione radicalmente migliorata e, infine, di stimolare lo studioso affinché egli tragga giovamento da un confronto tra la storia reale e la sua ricostruzione razionale: e il giovamento consiste nel vedere come la storia reale si è comportata male rispetto alla sua ricostruzione razionale.
Una seconda variante è invece quella che individua in date situazioni paradigmatiche la spiegazione delle *attività* svolte da uno scienziato o da una comunità di ricercatori: attività che, in generale, possono essere assimilate a tentativi di risolvere anagrammi e rompicapo secondo le direttive imposte dal paradigma. Da questo punto di vista una rivoluzione scientifica si costituisce mediante il rigetto di un paradigma e l'invenzione di un altro paradigma alternativo, dove il motore del rigetto è paragonabile all'abbandono di una fede e la virtù dell'invenzione rimanda a meccanismi psicologici riferiti alla teoria della Gestalt.
Da entrambi i punti di vista la costruzione del sapere è un'impresa che si realizza nella storia (ricostruita o reale) secondo *uno* schema privo di storia: la funzione sostanziale di un nucleo di programma di ricerca (prima variante) o di un paradigma (seconda variante) non sembra variare col passare dei secoli.

Il dibattito del 1965 attorno a queste due varianti che ci propongono il sapere come costruzione secondo indici di crescita costituisce ancora oggi un terreno per discussioni che « hanno raggiunto in questi anni un livello di raffinatezza e di sofisticazione che ricorda le dispute fra gli esponenti della tarda Scolastica »[3]. Ciò dipende, in buona parte, dal fatto che in tali discussioni sembra prevalere l'aspetto qualitativo e intuitivo delle questioni, a scapito di quei chiarimenti che possono essere introdotti mediante l'analisi logica[4].
Non si può comunque ignorare che la teoria delle costruzioni suggerisce allo storico della scienza di scegliere tra due vie: da una parte, ricostruire le decisioni di natura metodologica che, secondo il falsificazionismo so-

fisticato, stanno al cuore dei nuclei dei programmi di ricerca; dall'altra parte, ricostruire le conversioni istantanee di natura socio-psicologica che entrano in azione durante i periodi rivoluzionari. Nel primo caso, in quanto si giudica razionale mettere nelle note a pié di pagina la storia reale che si comporta male rispetto ad una definizione di razionalità, lo storico viene invitato a narrare ciò che uno scienziato avrebbe dovuto fare qualora egli fosse stato l'agente cristallino di *quella* razionalità. Nel secondo caso, invece, lo storico viene invitato a ricostruire la crescita del sapere riconducendo l'impresa scientifica a canoni sociopsicologici che si caratterizzano per essere fortemente autonomi rispetto alla natura dei problemi scientifici concreti.
Se si analizza in questo contesto la dimostrazione, da parte di W. R. Hamilton, di alcuni teoremi sui prodotti non commutativi, diventa lecito, secondo la prima variante della teoria delle costruzioni, cercare da qualche parte il *fiat* metodologico che ne avrebbe dovuto consentire l'enunciazione e la prova. *Ma allora questa variante della teoria delle costruzioni ci riporta alle argomentazioni tipiche della teoria dei crolli*, e, in ultima istanza, ci riporta alla riduzione della scienza a filosofia attraverso strategie metodologiche. Gli stessi teoremi, visti per mezzo della seconda variante, diventano il frutto di un soprassalto psicologico: ma è molto difficile ricondurre alla teoria della Gestalt decenni di ricerca matematica, senza correre il rischio di muoversi in parallelo con le versioni più banali della teoria dei crolli — e cioè di andare alla ricerca di fattori *ad hoc* che servano da spiegazione di fronte a reti molto intricate di inferenze.

Riassumendo si può suggerire che: I) la teoria dei crolli riduce la scienza a sovrastruttura del metodo e trasforma la storia della scienza in storia della filosofia; II) la teoria delle costruzioni propone di studiare la storia di ciò che sarebbe successo se gli scienziati fossero stati gli agenti perfetti di una strategia metodologica razionalmente ineccepibile secondo una certa filosofia della scienza, oppure di trasformare la storia della scienza in sociologia della prassi scientifica.
Non storia della scienza, ma storia della filosofia, oppure storia immaginaria, oppure sociologia.

III CONGETTURE SUGLI OGGETTI DELLA STORIA DELLA SCIENZA

Quali sono gli oggetti di cui si parla quando si ricostruisce la storia di una certa forma della conoscenza scientifica? A questa domanda si possono dare risposte diverse, invocando le teorie, le ipotesi, gli esperimenti cruciali, i sistemi filosofici, i paradigmi, le cinture protettive. Alcuni rispondono che la storia della scienza non ha oggetti *propriamente storici* da indagare con profitto, e che è assai più intelligente far convergere gli sforzi sulla struttura logica delle teorie piuttosto che sulla dinamica del sapere.
Si può d'altra parte cercare di rispondere alla domanda in questione

partendo dal seguente argomento: la costruzione di un certo settore delle scienze fisiche (ad esempio, la termodinamica tra il 1850 e il 1872) è un processo nel quale confluiscono approcci teorici e sperimentali diversi, ciascuno dei quali è, in parte, una *traduzione* di conoscenze già disponibili e, in parte, la *proposta* di conoscenze nuove e di obiezioni più o meno fondate (ad esempio, la termodinamica di Kelvin e gli approcci molecolari di Clausius, di Maxwell o di Boltzmann). Per quanto riguarda la parte implicante la traduzione non è difficile vedere che si tratta di una traduzione di tipo molto particolare. Quando Kelvin traduce le concezioni a suo tempo esposte da Sadi Carnot, il processo di traduzione si sviluppa secondo regole che sono dettate da una scienza che, nel suo complesso, è più avanzata rispetto a quella disponibile nel periodo in cui Sadi Carnot scriveva le *Réflexions*. Orbene, quale apparato di regole viene effettivamente applicato da Kelvin?

Quando si tenta di rispondere a questa ultima domanda ci si trova di fronte a un complesso di regole veramente intricato. Kelvin utilizza nozioni connesse alle ricerche di Joule e di Regnault in campo sperimentale, considerazioni che gli provengono dalla sua attività di raffinato fisico teorico, valutazioni basate sulla tecnologia della macchina a vapore, giudizi sulla utilità o dannosità di introdurre modelli molecolari, opinioni relative al ruolo dell'esperienza nell'edificazione del sapere.

Nel tradurre Carnot, dunque, Kelvin usa un *dizionario* estremamente articolato in zone interagenti, dove coesistono norme della più varia natura e strumenti di laboratorio. *Il dizionario, insomma, contiene regole matematiche, nozioni filosofiche e macchine.*

In prima approssimazione, i dizionari sono gli oggetti sui quali si compie l'indagine dello storico della scienza[5]. In questa approssimazione la ricostruzione storica è la ricostruzione delle interazioni che si sviluppano all'interno dei singoli dizionari e tra dizionari diversi: e, sempre in questa approssimazione, si può suggerire di far cadere la distinzione tra storia interna e storia esterna, nonché la distinzione fra teoria dei crolli e teoria delle costruzioni. Ciò è possibile in quanto i dizionari non sono strutture date una volta per sempre — anzi, la loro caratteristica più notevole è data dalla loro variabilità nel tempo. In generale, un dizionario varia nel tempo in quanto la sua funzione primaria consiste nella produzione di nuovi problemi: così accade quando Kelvin traduce Carnot tenendo conto di Joule e mette in luce la situazione problematica nuova che si crea *automaticamente* non appena si tenta di collegare in un unico quadro teorico il principio di equivalenza e l'assioma di Carnot. La soluzione suggerita da Clausius impone ulteriori riassestamenti nella teoria, e ciò a sua volta implica una ristrutturazione del dizionario kelviniano nel suo complesso, e cioè anche in quelle zone dove sono operanti le norme metodologiche e l'immagine filosofica della scienza. Si tratta, inoltre, di ristrutturazioni non contemporanee: i tempi di ri-

strutturazione variano da zona a zona, e può così accadere che alcuni settori fortemente impegnati in senso metodologico appaiano relativamente stabili rispetto ad altri settori correlati a particolari teorie matematiche. A titolo di esempio si possono citare la rapida modificazione del dizionario kelviniano provocata dai teoremi di Poincaré sull'idrodinamica dei moti vorticosi e la quasi costante credenza di Kelvin sulla esperienza come sola fonte della conoscenza scientifica: i teoremi di Poincaré obbligarono Kelvin a drastiche revisioni nella decennale battaglia da lui condotta in favore dell'atomo-vortice e quindi di una determinata immagine della natura, ma questo potere dell'argomentazione astratta non obbligò Kelvin a modificare in modo rilevante le norme metodologiche con le quali egli aveva cercato a lungo di fondare stabilmente quella determinata immagine della natura che ora veniva abbandonata.

Queste brevi e schematiche osservazioni sui dizionari consentono di enunciare alcune considerazioni provvisorie.
In primo luogo si può suggerire che, per uscire dalla situazione storiografica legata alla teoria dei crolli e alla teoria delle costruzioni, sia auspicabile il tentativo di trasformare la storia della scienza in uno studio dei dizionari e delle logiche locali operanti nella dinamica di tali oggetti.
In secondo luogo si può infine suggerire che alcuni problemi della storiografia internista (rapporti tra metafisica e teorie scientifiche) e della storiografia esternista (rapporti tra tecnologia e scienza) siano problemi malposti da ri-enunciare dopo uno studio di alcuni dizionari particolarmente semplici.

E. B.

BIBLIOGRAFIA E NOTE

1 Alcuni studiosi pretendono che la correlazione in senso forte sia resa valida in un contesto marxista, in quanto l'analisi marxista può chiarire i rapporti storicamente determinati che legano il nucleo metodologico alle condizioni economiche, sociali e politiche del periodo storico esaminato. Data questa posizione, una concezione marxista dello sviluppo della scienza diventa tuttavia debolissima, come nota S. R. MIKULINSKY, *The Methodological Problems of the History of Science*, in *Scientia*, vol. 110, I-II-III-IV, 1975.

2 *Criticism and the Growth of Knowledge*, eds. I. LAKATOS and A. MUSGRAVE, Cambridge University Press, 1974.

3 P. ROSSI, *Hermeticism, Rationality and the Scientific Revolution*, in: *Reason, Experiment and Mysticism in the Scientific Revolution*, eds. M. L. RIGHINI BONELLI and W. R. SHEA, Science History Publications, 1975.

4 Per una analisi di questi problemi si veda W. STEGMÜLLER, *The Structure and Dynamics of Theories*, Springer-Verlag, 1976.

5 Alcuni aspetti di questa prima approssimazione sono trattati in E. BELLONE, *Il mondo di carta*, Mondadori, 1976.

Collapses, Constructions and Dictionaries: Conjectures on the History of Science

Paper read at the Debate on "Science and Society" on the occasion of the Voltian Year Celebrations
Como, 28 May 1977

ENRICO BELLONE
Università di Genova

Few people today attempt to challenge the importance of the scientific theories on which our increasing knowledge of the natural world depends; the few that do are usually partisans of the philosophical factions that try to turn each victory of knowledge into a defeat of man. The fact must not be overlooked, however, that even among those who set out to make a non-banal evaluation of the growth of knowledge there are differences of opinion as regards the motives which make the scientific theories and their dynamics rational. These differences reflect a peculiar scientific, philosophic and historiographic situation which can be summed up by saying that the popular temptation today is to outline at an *exclusively* philosophical level just *one* scheme of what the scientific undertaking ought to be, leaving the task of confirming this scheme by means of *ad hoc* examples to the science historians.

It might be suggested that this situation can be related back to two qualitative theories of the growth of knowledge: the theory of collapses and the theory of constructions. To the extent to which this suggestion may be useful, one could examine the possibilities of replacing the above two theories by an approach to the history of science in which two questions occupy an important place. The first question concerns the nature of the *objects* to be dealt with by the history of science. The second concerns the *dynamics* of these objects as a function of the interactions occurring within them and correlating their main constituent elements, i.e. the sets of rules (deriving from scientific theories), considerations of a philosophical nature (on scientific method) and the devices (with which the experiments and controls are carried out).

THE HISTORY OF SCIENCE ACCORDING TO THE THEORY OF COLLAPSES - I

The theory of collapses is a theory according to which the growth of knowledge depends on the scientific method used by an individual worker or groups of workers. In its numerous versions, this theory states that the most significant stages in the growth of knowledge coincide with the *crises* occurring in science when philosophical criticism reveals one or more insufficiencies in the methodological rules guiding the scientific undertaking.

This theory has been repeatedly applied to so-called classical science and has profoundly influenced many people's conception of science and even common sense itself. The theory's supporters claim that classical physics, for instance, has been built up around a definite set of very enduring methodological rules, i.e. the rules of mechanism. From this standpoint, pre-quantum and pre-relativistic physics appears as a construction of mathematical and experimental exercises based on dubious foundations. One had to await the philosophy of a Mach or a Duhem to show up the state of corrosion now undermining the foundations of classical physics.

Once this largely philosophical task had been carried out, the need arose to abandon mechanism and construct a new physics based on methodological rules in keeping with a non-mechanistic spirit.
The theory of collapses, in other words, considers the collapse of the method as being fundamental: once the method, i.e. the foundation of the construction, has collapsed, it follows that what was based on the method must collapse too, i.e. classical physics. This gave rise to the extensive literature on the so-called *crisis* in science between the end of the nineteenth century and the first decades of the twentieth.

It is significant that, inasmuch as it favours the role supposedly played by the criticism of methods, the theory of collapses neglects the internal problems of the single theories and experiments of classical physics. Its main problem, in fact, becomes that connected with the possible causes which have triggered off the historical process of the criticism of methods; here both *external* and *internal* causes or factors can be looked for.
The chain of reasoning is of the following type: in the first place certain factors (internal or external) exist which trigger off a philosophical battle over the method; this latter then loses its hold to a greater or lesser extent; finally, we have a third stage in which certain basic research programmes crumble. However, this chain of reasoning is only valid provided that the second and third stages actually do correlate; and correlation implies that the individual theories derive from the methodological rules.
Let us examine this correlation. It can be interpreted in the strong sense or the weak sense. In the present case, we must assume that the structure of a given physical theory and its temporal dynamics derive from a given set of propositions forming the methodological nucleus[1]. It does not appear, however, that Helmholtz's differential equations in hydrodynamics derive from Helmholtz's assumptions concerning the supremacy of mechanics. The equations in question derive from rules connected with special sectors of late nineteenth-century mathematics. Nor does Boltzmann's H theorem appear to be a consequence of his theses relating to empiricism or dogmatic atomism. It is thus legitimate to state that, in its strong version, the correlation we are examining is nil; it is merely a literary metaphor.

On the other hand in its weak version, the conjecture that the theories derive from the method, comes out even worse. It in fact replaces the thesis that the theorems *derive* from the method with the thesis that demonstrations of the theorems are *affected* by philosophical assumptions. But, while a problem of derivation may be formulated clearly, a problem of influence is a highly ambiguous one. Even unrequited love or a kidney complaint affect those working on a certain research programmes. They never provide, however, a credible justification of the validity of a physical principle or the proof of an algebraic theorem. On the other hand, interactions between philosophy and the construction of theories do exist. The term *affect* is thus used to refer to a banally true situation, i.e. the situation in which the construction of scientific knowledge is a global process involving philosophical reasoning and considerations of a deductive nature.
The fallaciousness of the weak version of our conjecture is thus as follows: in it the term *affect* is used with the understanding that the method enjoys the privilege of causally determining several basic stages in the construction of theories.
In both the weak and the strong versions, our conjecture must be rejected and with it also the theory of collapses. Both attempt to found science on method and in so doing they both reduce science to philosophy and the history of science to the history of the method — the history of philosophy.
It might also be suggested that the incapacity of the external history of science to explain the internal problems of the indi-

vidual physical and mathematical theories — or the tendency of the external history to neglect these problems — derives from the fact that externalism is merely a socio-psychological variant of the philosophical theory of collapses.

Another fact should not be neglected: the total dependence of scientific theories on philosophico - methodological assumptions can imply (sometimes dramatically) that the validity of a certain set of physical or biological laws *must* be measured as a function of the philosophy from which this set supposedly derives or to which it conforms. By this it is simply meant that in the relationship between science and society it has often happened, and often will again, that certain scientific theories are condemned or praised on the basis of criteria set up by a dominant philosophy.
In conclusion, the theory of collapses is a prolific source of caricatures of the history of science. Caricatures are descriptions of a non-existent crisis in science due to a non-existent philosophical revolution. In actual fact, contemporary science is the result of a revolutionary process in the construction of knowledge, and this process has led to a general crisis in the philosophy investigating this knowledge. However, in the ideology, this relationship was allowed to be reversed, presenting it as a philosophical (methodological) revolution that had supposedly produced a scientific crisis. The theory of collapses is one result of this reversal.

THE HISTORY OF SCIENCE ACCORDING TO THE THEORY OF CONSTRUCTIONS - II

The theory of constructions exists today in two main variants that were extensively illustrated and compared during the *International Colloquium in the Philosophy of Science* held in London in 1965[2].
A first variant is the one connected with what is called sophisticated falsificationism. In it, one has, in the first place, a complex conception of rationality. The latter should allow us to choose those historical events that are rational by definition, to give a radically improved version of them and, lastly, to stimulate the scholar so that he can benefit from a comparison between real history and its rational reconstruction. The benefit consists in seeing how real history behaved badly with respect to its rational reconstruction.
The second variant is one which sees in given paradigmatic situations the explanation of the *activities* carried out by a scientist or a group of researchers. In general, these activities can be likened to attempts to solve anagrams and puzzles according to the rules laid down by the paradigm. From this standpoint, a scientific revolution is set off by rejecting a paradigm and inventing an alternative one, where the effect of the act of rejection can be compared to the abandonment of a faith and the invention can be likened to psychological mechanisms related to Gestalt theory.
From both standpoints, the construction of knowledge is an enterprise that is achieved in history (reconstructed or real) according to *a* scheme lacking history: the basic function of a research programme nucleus (first variant) or of a paradigm (second variant) does not seem to change in the course of the centuries.

The 1965 debate on these two variants presenting knowledge as a construction according to growth indexes, still today provides grounds for discussions that «in recent years have attained a degree of refinement and sophistication reminiscent of late mediaeval scholasticism »[3]. This depends in the main on the fact that in these discussions the qualitative and intuitive aspect of the questions seems to prevail over the clarifications that can be introduced by means of logical analysis[4].
It cannot be overlooked, however, that the theory of constructions prompts the science historian to choose between two paths: on the one hand, to reconstruct

the decisions of a methodological nature that, according to sophisticated falsificationism, lie at the heart of the research programme nuclei; on the other, to reconstruct the instantaneous conversions of a socio-psychological nature that come into play in revolutionary periods. In the first case, insofar as it is considered rational to write footnotes to that real history which behaves badly with respect to a definition of rationality, the historian is called upon to describe what a scientist would have had to do if he had been the crystalline agent of *that* rationality. In the second case, on the other hand, the historian is called upon to reconstruct the growth of knowledge by relating the scientific enterprise back to socio-psychological rules that are characterized by being highly autonomous with respect to the nature of the concrete scientific problems. If W. R. Hamilton's demonstration of a few theorems of non-commutative products is analysed in this context, it becomes legitimate, according to the first variant of the theory of constructions, to seek out the methodological *fiat* that ought to have allowed its statement and proof. ***But in this case this variant of the theory of constructions brings us back to the reasoning typical of the theory of collapses***, and ultimately to the reduction of science to philosophy through methodological strategies. Considered in terms of the second variant, even the theorems themselves become the result of a psychological jolt; however, it is very difficult to relate decades of mathematical research back to Gestalt theory without running the risk of moving parallel to the more banal versions of the theory of collapses — i.e. of looking for *ad hoc* factors that can be used as explanations in the face of highly intricate inference networks.

To sum up, it may be suggested that: I) the theory of collapses reduces science to a superstructure of the method and transforms the history of science into the history of philosophy; II) the theory of construction aims to study the history of what would have happened if scientists had been the perfect agents of a methodological strategy that was rationally flawless according to a certain philosophy of science, or to transform the history of science into the sociology of scientific practice.

Not the history of science, but the history of philosophy, or imaginary history, or sociology.

CONJECTURES ON THE OBJECTS OF THE HISTORY OF SCIENCE - III

What are the objects mentioned when the history of a certain type of scientific knowledge is reconstructed? Various answers can be given to this question, referring to theories, hypotheses, crucial experiments, philosophical systems, paradigms, and protective belts. Some reply that the history of science has no *truly historical* objects that can be profitably investigated and that it is much more intelligent to concentrate efforts on the logical structure of the theories rather than on the dynamics of knowledge.

On the other hand, an attempt may be made to reply to this question starting from the following argument: the constructions of a certain sector of the physical sciences (e.g. thermodynamics between 1850 and 1872) is a process in which different theoretical and experimental approaches converge, each of them being partly a *translation* of knowledge already available, and partly the *proposal* of new knowledge and more or less well founded objections (e.g. Kelvin's thermodynamics and the molecular approaches of Clausius, Maxwell or Boltzmann). As far as the part implying the translation is concerned, it is not difficult to see that this is a very peculiar kind of translation. When Kelvin translates the conceptions previously set out by Sadi Carnot, the translation process develops according to rules dictated by a science that, on the whole, is more advanced

than the one available during the period in which Sadi Carnot wrote his *Réflexions*. What, then, was the apparatus of rules actually applied by Kelvin?

When one comes to answer this last question, one is faced with a complex of extremely intricate rules. Kelvin makes use of notions connected with Joule's and Regnault's experimental research, considerations which derive from his activity as a subtle theoretical physicist, evaluations based on steam engine technology, judgments on the usefulness or harmfulness of introducing molecular models, and opinions on the role of experience in the construction of knowledge. In translating Carnot, Kelvin thus uses a highly articulated *dictionary* in interacting areas where rules of the most widely nature and laboratory instruments coexist. *In other words, the dictionary contains mathematical rules, philosophical concepts and devices.*

In first approximation, dictionaries are the objects on which the science historian's investigation is carried out[5]. In this approximation, the historical reconstruction is the reconstruction of the interactions taking place within the individual dictionaries and between different dictionaries; again, in the same approximation, it may be suggested that the distinction between internal and external history were better dropped as well as the distinction between the theory of collapses and the theory of constructions. This is possible because the dictionaries are not structures given once and for all, indeed, their most significant characteristic is their variability in time. In general, a dictionary varies in time in as much as its primary function consists in producing new problems: this happens when Kelvin translates Carnot, taking Joule into account, and reveals the new problematic situation that *automatically* arises when an attempt is made to unite the principle of equivalence and Carnot's axiom in one and the same theoretical framework. The solution proposed by Clausius calls for further adjustments of the theory, and this in turn implies a restructuring of Kelvin's dictionary as a whole, i.e. the methodological rules and the philosophical image of science operate in those areas too. Furthermore, these reconstructions are not simultaneous: the reconstructions times vary from one sector to another and it may thus happen that a few sectors that are methodologically highly involved appear relatively stable in comparison with other sectors correlating with particular mathematical theories. By way of example the rapid modification of Kelvin's dictionary due to Poincaré's theorems on the hydrodynamics of vortical motion may be cited, together with Kelvin's virtually constant belief in experiment as the sole source of scientific knowledge: Poincaré's theorems compelled Kelvin to make drastic revisions in the ten year battle he led in support of the atom-vortex and thus of a particular image of nature, although this power of abstract reasoning did not oblige Kelvin to make any significant changes in the methodological rules by means of which he had for so long sought to give a stable foundation to the image of nature that was now being abandoned.

These brief and schematic observations on dictionaries allow a few *interim* considerations to be made.

In the first place, one possible way out of the historiographic situation bound up with the theory of collapses and constructions might be that of attempting to transform the history of science into a study of dictionaries and of the local logics operating in the dynamics of these objects.

In the second place, one might conclude by suggesting that a few problems in internalistic historiography (relations between metaphysics and scientific theories) and externalistic historiography (relations between technology and science) are incorrectly formulated and should be restated following the study of a few particularly simple dictionaries.

E. B.

BIBLIOGRAPHY AND NOTES

1 Some workers claim that the correlation in the strong sense has been made valid in a Marxist context as Marxian analysis is able to clarify the historically determined relations linking the methodological nucleus to the economic, social and political conditions of the historical period being examined. As a result of this position, a Marxist conception of the development of science nevertheless becomes very weak, as is pointed out by S. R. MIKULINSKY, *The Methodological Problems of the History of Science*, in *Scientia*, Vol. 110, I-II-III-IV, 1975.

2 *Criticism and the Growth of Knowledge*, eds. I. LAKATOS & A. MUSGRAVE, Cambridge University Press, 1974.

3 P. ROSSI, *Hermeticism, Rationality and the Scientific Revolution*, in: *Reason, Experiment and Mysticism in the Scientific Revolution*, eds. M. L. RIGHINI-BONELLI & W. R. SHEA, Science History Publications, 1975.

4 For an analysis of these problems see W. STEGMÜLLER, *The Structure and Dynamics of Theories*, Springer-Verlag, 1976.

5 A few aspects of this first approximation are dealt with in E. BELLONE, *Il mondo di carta*, Mondadori, 1976.

BOSTON UNIVERSITY

BOSTON COLLOQUIUM FOR THE PHILOSOPHY OF SCIENCE

1977 - 1978

Mario Bunge, McGill University, « The Nature of Life: Beyond Mechanism and Vitalism » (Commentators: Lynn Margulis, Boston University; Stephen J. Gould, Harvard University)	September 27, 1977
Justin Leiber, M.I.T., « Talking with Extraterrestrials: Nominalism, Conceptualism, and Realism as Degrees in Radical Translation » (Commentator: Michael Martin, Boston University)	October 4, 1977
Leszek Novak, Editor, *Poznan Studies in the Philosophy of the Sciences* (Poland), « How to Overcome Marx: A Proposal of a Marxist » (Commentator: Thomas McCarthy, Boston University)	October 11, 1977
Yves Barel, University of Social Sciences at Grenoble, « Mechanism and Structure: The Ambivalent War of Paradigms » (Commentator: Joseph Agassi, Boston University)	October 18, 1977
Nelson Goodman, Harvard University, « Notes on a New Problem of Vision » (Commentator: Marx W. Wartofsky, Boston University)	October 25, 1977
Richard M. Martin, Nortwestern University and Boston University, « And » (Commentator: Judson Webb, Boston University)	November 8, 1977
Edward MacKinnon, California State University at Hayward, « Atomic Physics: A Test for Theory Reconstruction » (Commentator: Leonard Nash, Harvard University)	November 15, 1977
Edward Nell, New School for Social Research, « The Concept of Social Reproduction » (Commentator: Eric Chester, University of Massachussetts, Boston)	November 22, 1977
Camille Limoges, University of Montreal, «The Locus of Power in Science» (Commentator: Lew Kowarski, Boston University)	November 29, 1977
Humberto Maturana, University of Santiago, « Biology of Cognition: Life As a Cognitive Process » (Commentator: Jerome Lettvin, M.I.T.)	December 6, 1977
Walter Feinberg, University of Illinois at Urbana-Champaign, « Intelligence, Intelligence Tests, and the Distribution of Knowledge » (Commentator: Ned Block, M.I.T.)	December 13, 1977
Laurens Laudan, University of Pittsburgh, « The Poverty of Empiricism, Or, Philosophy Vindicated » (Commentator: Bruce Aune, University of Massachusetts, Amherst)	January 17, 1978
Benjamin Rogers, Wichita State, « On Attributing Causes to Complex Individuals » (Commentator: Ronald Giere, Indiana University)	January 24, 1978

E. V. Walter, Boston University, « The Places of Experience » (Commentator: Erazim Kohak, Boston University) — February 7, 1978

A. I. Sabra, Harvard University, « Testing, Reform and Reaction: Three Endeavors of Arabic Astronomy » — February 14, 1978

Robert Shaw, University of Connecticut, « Symmetries and Dualities in the Foundations of Ecological Science » (Commentator: Sheldon Krimsky, Tufts University) — February, 21, 1978

Peter Machamer, University of Pittsburgh, « Descartes and his Sixteenth Century Predecessors » (Commentator: Richard Popkin, Washington University) — February 28, 1978

Philosophy of Technology: A Symposium — March 7, 1978

Don Ihde, Suny-Stony Brook, « Technology and the Transformation of Experience »

Langdon Winner, M.I.T., « Technologies as Forms of Life »

Howard Pattee, Suny-Binghamton, « Dynamic and Linguistic Modes of Perception: A Cognitive Basis for Complementarity » (Commentator: Paula Menyuk, Boston University) — March 14, 1978

Marsha Hanen, University of Calgary, « Evidence, Inference and the Law » (Commentator: Bernard Elevitch, Boston University) — March 28, 1978

Daniel Bell, Harvard University, « The Question of Relativism in the Social Sciences » (Commentator: Alasdair MacIntyre, Boston University) — April 4, 1978

Lev Mitrokhin, Institute of Philosophy, Academy of Sciences of the USSR, « The Marxist Concept of Religion: A Scientific and Philosophical Study » (Commentator: Robert S. Cohen, Boston University) — April 11, 1978

John J. Stachel, Boston University and Institute for Advanced Study, « Science and Ideology: Some Themes for the Recent Marxist Discussion of Science and Ideology » (Commentator: Robert S. Cohen, Boston University) — April 18, 1978

Loren Graham, Columbia University, « The World of Arthur Stanly Eddington; Science and Its Audience » (Commentator: John W. Yolton, York University) — April 25, 1978

Herbert Marcuse, University of California, San Diego, « Esthetic Rationality » (Commentator: M. W. Wartofsky, Boston University) — May 2, 1978

Boston University

111 Cummington Street
Boston, Massachusetts 02215

Department of Physics

Biologia, Bionica e animali artificiali

Seminario della Sezione Epistemologica dell'Istituto di Storia della Medicina dell'Università di Roma, tenuto il 25 Febbraio 1977
Conferenza del Prof. Enrico Urbani

FELICE MONDELLA
Università di Milano

Presso l'Istituto di Storia della Medicina dell'Università di Roma è stata recentemente fondata una Sezione Epistemologica con l'intento di studiare i metodi e i concetti fondamentali delle scienze biomediche. Ciò allo scopo non solo di ravvivare la storia della medicina, che versa in Italia in uno stato di deplorevole abbandono, ma anche di promuovere una nuova *cultura scientifica* nell'ambito dello sviluppo attuale della medicina.
Fra gli ultimi interventi che hanno segnato l'attività di questa Sezione epistemologica vi è stato il 25-2-1977 quello del professor Enrico Urbani, ordinario di Istologia ed Embriologia dell'Università di Roma, su « Biologia, Bionica e animali artificiali ».
Il vivace emergere della cibernetica, nel decennio successivo all'ultima guerra mondiale, ha acuito presso molti biologi l'interesse per le caratteristiche attività di regolazione dell'organismo vivente e per i processi di comunicazione, memoria ed informazione che stanno alla loro base. Negli anni cinquanta si ottenevano anche grandi risultati con la definizione del codice genetico e la precisazione sempre più sicura del campo di ricerca della teoria della evoluzione biologica. Ne è derivato complessivamente un impulso a riprendere e sviluppare i temi di una biologia teorica da tempo auspicata ma mai compiutamente formulata.

L'intervento del professor Urbani, senza essere destinato direttamente alla elaborazione di una tale biologia teorica, ha tuttavia fornito utili motivi di riflessione per chi è ad essa interessato. La relazione ha preso l'avvio dalla considerazione di una classe importante di processi di regolazione, quelli dell'arco riflesso degli animali dotati di sistema nervoso. L'arco riflesso viene interpretato come un meccanismo regolativo o meglio omeostatico che riceve un segnale e fornisce una risposta semplice o complessa, comunque una reazione che corregge, ottimizza o annulla lo stimolo. Si tratta quindi di un tipico processo che permette la sopravvivenza e l'attività dell'animale nella complessa rete di interazioni che lo legano all'ambiente.
Attorno al 1960 la bionica si è proposta come una nuova scienza di quei sistemi che funzionano simulando o copiando i processi biologici. Nel suo

programma di riproduzione e simulazione di questi processi essa ha utilizzato modelli in cui sensori ed effettori meccanici elettronici e chimici sono capaci di ricevere stimoli e sollecitazioni e di rispondere adeguatamente alle modificazioni ambientali. La bionica ha quindi privilegiato nella sua ricerca lo schema dell'arco riflesso, esemplificando nei suoi modelli meccanici alcune delle differenti modalità di recezione e di reazione riscontrabili negli animali.

Il professor Urbani, che da alcuni anni sta sviluppando questo programma di ricerca, ha illustrato alcuni animali artificiali da lui realizzati, utilizzando anche la documentazione di un film originale a colori. Fra gli automi costruiti come piccoli modelli montati su ruote vi sono tartarughe elettroniche che si allontanano o si avvicinano a sorgenti luminose, termiche, chimiche e acustiche. Altri automi sono costruiti su piccoli scafi che si muovono nell'acqua. Fra questi particolarmente suggestivo è il Voltanauta, in cui un sistema di chiglie di zinco e di rame alternate sotto il fondo dello scafo funziona come due elettrodi, che in acqua di fonte danno luogo a una pila voltaica, che alimenta in tal modo un piccolo motore. Lo stesso motore può ricevere energia da una serie di pile solari che coprono il ponte di un altro scafo, quello dell'Elionauta.
I segnali ultrasonici emessi e raccolti dai pipistrelli suggeriscono, in un altro modello su ruote, l'esemplificazione di vari sistemi di utilizzazione dell'eco. Sistemi adottati anche da altri animali oltre il pipistrello per localizzare oggetti dell'ambiente e guidare i propri movimenti.
Cefalopodi come le seppie e i calamari utilizzano per muoversi getti di acqua emessi da un imbuto propellente variamente orientabile. Questo processo viene imitato da un battello a reazione in cui un motore alimentato da batterie solari fornisce l'energia per raccogliere ed espellere acqua in funzione propellente.

Gli ingegnosi modelli presentati non intendono solo esemplificare didatticamente alcuni procedimenti fisico-chimici riscontrabili negli organismi, ma anche stimolare la riflessione sulle diverse strategie adottate dai viventi per risolvere vari problemi di adattamento all'ambiente: chiarire cioè concretamente procedimenti operativi utilizzati dagli organismi e la cui conoscenza può risultare estremamente feconda per la bioingegneria e la chirurgia. È infatti nella prospettiva di queste considerazioni tecnico-applicative piuttosto che in quelle di carattere teorico-filosofico che si collocano i contributi più interessanti di questa relazione, che hanno precisi punti di riferimento nella Zoologia, Anatomia, Embriologia e Fisiologia comparate.

F. M.

Biology, Bionics and Artificial Animals

Seminar of the Epistemological Section of the Institute of the History of Medicine, Rome University, held February 25, 1977

Paper by Prof. Enrico Urbani

FELICE MONDELLA
Università di Milano

An Epistemological Section has recently been set up at the Institute of the History of Medicine of Rome University for the purpose of studying the methods and basic concepts of the biological sciences. The idea is not only to revive the study of the history of medicine, sorely neglected in Italy, but also to promote a new *scientific culture* within the framework of current developments in medicine.

One of the most recent papers marking the activity of this epistemological section is the one delivered on February 25, 1977 by Prof. Enrico Urbani, lecturer in Histology and Embryology at Rome University entitled « Biology, Bionics and Artificial Animals ».

The rapid rise of cybernetics in the decade following the second world war aroused the interest of many biologists in characteristic regulatory activities in the living organism and in the underlying processes of communication, memory and information. During the 'fifties, breakthroughs were achieved in the definition of the genetic code and the increasingly precise establishment of the field of research pertaining to the theory of biological evolution. On the whole, this was a stimulus to revive and develop a theoretical biology the need for which had been felt for some time but which had never been fully formulated.

Professor Urbani's paper, although not directly aimed at formulating any biological theory of this kind, nevertheless provided interesting material for reflection for anyone interested in it. The paper is based on the consideration of an important class of regulation processes, i.e. those of the reflex arc of animals having a nervous system. The reflex arc is interpreted as a regulatory, or rather homeostatic mechanism which receives a signal and provides a simple or complex response, which in any case corrects, optimizes or cancels out the stimulus. This is thus a typical process which allows the animal to survive and act in the complex network of interactions linking it to the environment.

In about 1960 bionics appeared as a new science of those systems that function by simulating or copying biological processes. In its program of simulating or copying these processes it used models in which mechanical, electronic and chemical sensors and effectors receive stimuli and stresses and are capable of responding satisfactorily to environmental modifications. Bionics has thus favoured the reflex arc pattern in its research, exemplifying in its mechanical models a few of the different modes of reception and reaction found in animals.

Professor Urbani, who has been developing this research program for some years, has illustrated a few artificial animals built by him, projecting also an original colour film for the purpose. The small automata built on wheels include electronic tortoises which approach or avoid light, heat, chemical or sound sources. Others are built on small hulls floating on water. Particularly interesting is the Voltanauta whose system

of alternating zinc and copper keels under the hull acts as two electrodes which, in spring water, form a small voltaic pile supplying a small motor. This motor can receive energy also from a series of solar batteries covering the deck of another boat, the Elionauta.
The ultrasonic signals emitted and received by bats are used to exemplify various echo-based systems in another wheeled model. These systems are used by other animals, as well as bats, to locate objects in the environment and guide their own movements. Cephalopods like the squid and cuttlefish move using jets of water from an orientable nozzle. This process is imitated by a jet vessel with a motor powered by solar batteries to produce the energy needed to collect and expel the water needed for propulsion.

The ingenious models presented are not only meant to teach a few physico-chemical processes found in organisms, but also to stimulate thinking on the various strategies used by living creatures to solve adaptation problems, i.e. to clarify concretely operational procedures used by organisms, a knowledge of which could be extremely profitable in bio-engineering and surgery. It is in this technical and applied context that the more interesting contributions of this report are to be viewed rather than from the theoretico-philosophic stadpoint, which have definite reference points in comparative Zoology, Anatomy, Embryology and Physiology.

F. M.

Translation: I. McGILVRAY - ROMA

THEORIA to theory

An International Journal of Science, Philosophy and Contemplative Religion

EDITORS Dorothy Emmet, Anthony Appiah, Ted Bastin

Explorations in the sciences and technology that affect our understanding of religious and philosophical questions – these are the basis of this quarterly journal. **Theoria to Theory** holds that traditional religion has been primarily, and at best, concerned with mystical or contemplative experience; therefore it is important to a widened science in providing one source of insight. **Theoria** was the old Greek name for this insight; **Theory** here stands for an enlarged and revised scientific understanding. The journal title represents an effort to keep the two on terms with each other.

Subscription rates, per volume of 4 issues, postpaid

	USA/Elsewhere	Great Britain
Library/Institution/Company	$36.00/£24.00	£13.50
Personal subscribers only who order direct from the publisher	$17.50/£11.50	£8.50

Subscriptions should be sent to Gordon and Breach, Science Publishers Ltd., 42 William IV Street, London, W.C.2, England.

RAISON PRESENTE

Revue trimestrielle de critique et de synthèse
parue depuis le 4ème trimestre 1966

Directeur: Victor LEDUC

Maurice AUDEBERT, Lucien BRUNELLE, Jeanne BRUNSCHWIG, Maurice CAVEING, Jean DELACOUR, Jean DEPRUN, Yves GALIFRET, Michel GAUTHIER, Maurice GODELIER, Marie-Christine GRANJON, Gabriel GOHAU, Francis HALBWACHS, Robert JOLY, Victor LEDUC, Iacqueline MARCHAND, Olivier REVAULT d'ALLONNES, Michel ROUZE, Evry SCHATZMAN, Jean-Pierre VERNANT, Pierre VIDAL-NAQUET, René ZAZZO

Effectue la critique de toutes les formes de l'irrationnalisme contemporain: idéologies religieuses, préjugés sociaux et raciaux, mythologies modernes, etc... pseudo-sciences, dogmatismes et cultes des personnalités.

Etudie dans les sciences de la nature et dans les sciences de l'homme, dans le mouvement des idées et de la création littéraire et artistique, la formation d'une nouvelle rationalité.

Se propose de contribuer à des choix réfléchis à propos de grands problèmes de notre temps, de travailler à maintenir vivante au coeur de l'action l'exigence rationnelle.

Le numéro: 16 Frs Abonnement: France 55 Frs Etranger: 60 Frs

Siège social: 16 rue de l'Ecole Polytechnique 75005 PARIS

THE BRITISH JOURNAL FOR THE PHILOSOPHY OF SCIENCE

This unique journal deals with problems of logic and methodology as found in natural science, and the characteristics which distinguish this philosophical approach from other ways of making sense of experience. It provides scientists and philosophers with a medium through which they can have their ideas made known. The articles written in non-technical English also include contributions by distinguished foreign as well as by British scholars.

EDITORS

JOHN WATKINS
and
JOHN WORRALL

EDITORIAL BOARD

H. Dingle
Sir H. Jeffreys
R. B. Braithwaite
W. C. Kneale
S. Körner
G. J. Whitrow
J. C. Eccles
Sir Karl Popper
J. H. Woodger

1977 Annual Subscription £7.00 ($22.00)
single copies £2.50 ($8.00)

ABERDEEN UNIVERSITY PRESS,
FARMERS HALL,
ABERDEEN AB9 2XT, SCOTLAND

ZEITSCHRIFT FÜR PHILOSOPHISCHE FORSCHUNG

1945/46 begründet von
Georgi Schischkoff
Herausgegeben von
Otfried Höffe, Duisburg

Ein Band umfasst vier Hefte
Abonnementspreis 92,- DM
Einzelheftpreis 23,- DM

Gesamtregister 1-30 24,- DM
1977 erschien Band F. 31

VERLAG ANTON HAIN
D - 6554 MEISENHEIM
Postf. 180

Synthese

An International Journal for Epistemology and Philosophy of Science

Editor-in-Chief: Jaakko Hintikka, Academy of Finland and Stanford University.

Associate Editors: Risto Hilpinen, Department of Philosophy, Harvard University, Ilkka Niiniluoto, Institute of Philosophy, Helsinki.
Review Editor: Dagfinn Føllesdal, Institute of Philosophy, University of Oslo.

Editorial Assistant: Esa Saarinen, Institute of Philosophy, Helsinki.

Board of Consulting Editors: David M. Armstrong, Yehoshua Bar-Hillel, Arthur W. Burks, Robert S. Cohen, Donald Davidson, Hans Freudenthal, Ian Hacking, Jerrold J. Katz, G. Nuchelmans, Wesley C. Salmon, Wolfgang Stegmüller, Erik Stenius, Patrick Suppes, Klemens Szaniawski, Ladislav Tondl, H. Törnebohm, Marx W. Wartofsky.

Synthese publishes articles in all the fields covered by the subtitle. These include the theory of knowledge; the general methodological problems of science; the methodological and foundational problems of the different departmental sciences; those aspects of symbolic logic and of the foundations of mathematics which are relevant to the philosophy and methodology of science; and those facets of the history and sociology of science which are important for contemporary topical pursuits.

Subscription price per volume of four issues Dfl. 110,– / US $44.00, plus Dfl. 15,– / US $6.00 for postage and handling. Two volumes will be published yearly. Personal subscription price on request.

D. Reidel Publishing Company

Dordrecht - Holland / Boston - U.S.A.

LAUTMAN, A.

Essai sur l'unité des mathématiques et divers écrits

Union Général d'Editions, Paris, 1977
319 pp., figs., No price stated

I filosofi della matematica sembrano avere un campo ben definito di interessi: le origini della ricerca matematica, i problemi sui fondamenti e l'insieme dei rapporti tra matematica e logica. E su ciò fa leva Jean Dieudonné nel presentare gli scritti di Albert Lautman raccolti in questo volume: come scrive Dieudonné, infatti, sono ben pochi quei filosofi che tentano di analizzare le grandi tendenze che operano nella matematica contemporanea e ciò che guida i singoli matematici nelle loro ricerche. In questo senso, le pagine scritte da Lautman sul concetto di *struttura matematica* e sull'*unità* che si trova al di sotto della molteplicità delle diverse discipline matematiche trovano oggi, a quasi quarant'anni di distanza, conferma nello sviluppo stesso del pensiero matematico. Secondo Dieudonné, l'esame che Lautman seppe condurre a proposito delle classiche coppie antagoniste (finito e infinito, discreto e continuo, locale e globale, algebra e analisi, commutatività e non commutatività) mise in luce — secondo una prospettiva vicina a quella di Hilbert — che tali coppie sono soltanto apparenze che mascherano delle strutture più profonde: non opposizioni, dunque, ma *poli di tensione* all'interno di una struttura e matrici di progresso conoscitivo.
Si tratta di problemi che implicano, d'altra parte, una riflessione sulla natura del reale in matematica. Nelle pagine dell'*Essai sur les notions de structure et d'existence en mathématique*, infatti, Lautman assegna alla filosofia il dovere di riconoscere e di descrivere una realtà che si afferma nello sviluppo stesso della ricerca matematica. Di qui la critica che Lautman rivolge alla visione di Wittgenstein e di Carnap, nella quale la matematica diventa un linguaggio indifferente ai contenuti che essa stessa esprime.

Philosophers of mathematics seem to have a well-defined field of interests: the origins of mathematical research, problems concerning the foundations and the overall relations between mathematics and logic. This is stressed by Jean Dieudonné in his presentation of the writings of Albert Lautman collected in this volume. Dieudonné writes, in fact, that very few philosophers attempt to analyse the great tendencies at work in contemporary mathematics and what guides the individual mathematicians in their research. In this sense, what Lautman wrote about the concept of *mathematical structures* and the *unity* underlying the multiplicity of the various mathematical disciplines find their confirmation today, nearly forty years later, precisely in the development of mathematical thinking. According to Dieudonné, the examination Lautman succeeded in carrying out of the classical pairs of opposites (finite and infinite, discrete and continuous, local and global, algebra and analysis, commutativity and non commutativity) revealed, according to a conception similar to that of Hilbert, that these pairs are merely apparent and conceal deeper-lying structures. They are thus not opposites but *poles of tension* inside a structure and matrices of cognitive progress.
These problems also imply a reflection on the nature of reality in mathematics. In his *Essai sur les notions de structure et d'existence en mathématique*, Lautman in fact assigns to philosophy the task of identifying and describing a reality that establishes itself in the very development of mathematical research. This explains Lautman's criticism of Wittgenstein's and Carnap's conception in which mathematics becomes a language that is indifferent to

Occorre, secondo Lautman, capire le ragioni di questo 'svanire' progressivo della realtà matematica, prendendo in considerazione le differenze che a tale proposito esistono tra il punto di vista di Russell e Whitehead e le considerazioni hilbertiane. Prendendo le distanze da programmi tesi a ridurre la matematica alla logica, Hilbert costituisce per Lautman un punto di riferimento basilare. Tema, questo, che Maurice Loi riprende nella prefazione al volume, là dove si ricorda al lettore che « quanto più una scienza è elaborata, tanto più essa ha bisogno di consapevolezza per restare autentica ». La consapevolezza, secondo Loi, viene guadagnata anche attraverso la critica dello scetticismo in matematica, e cioè di quello scetticismo che opera in forme tali da far scomparire l'oggettività dal discorso scientifico. E si deve allora ricordare che è Lautman a proporre una indagine filosofica sulla realtà matematica che consenta di superare l'apparente contrapposizione tra la concezione strutturale e la concezione dinamica. Se è vero che in termini strutturali una teoria appare come un qualcosa di indipendente dal tempo, e se è vero che, d'altra parte, in termini dinamici quella stessa teoria non è mai separabile dalle tappe del suo progredire, non è però detto che sia irrealizzabile il compito filosofico di chi, come Lautman, vuole recuperare sia la *fissità* delle nozioni logiche, sia il *movimento* in cui le teorie vivono. Vi è insomma un movimento che, secondo Lautman, va esaminato per scoprire in esso un legame dialettico tra idee astratte: e, soprattutto nella matematica moderna, tale movimento e la sua dialettica stanno alla base di una sorta di storia nascosta che è compito del filosofo svelare. Ma è una storia che non può essere indagata senza una accurata conoscenza della matematica: l'« Essai » si chiude, nel 1937, con la tesi secondo cui una riflessione filosofica sull'analisi e sull'algebra mette in luce l'esistenza, nel seno della matematica che si sviluppa, di « schemi logici che non sono conoscibili se non per mezzo della matematica stessa ».

Il problema del rapporto tra dialettica e

the contents that it expresses. According to Lautman, it is necessary to understand the reasons for this gradual 'disappearance' of mathematical reality, taking account of the differences existing in this connection between Russell's and Whitehead's point of view and Hilbert's considerations. In rejecting programmes aimed at reducing mathematics to logic, Hilbert becomes a basic reference point for Lautman. This idea is taken up by Maurice Loi in his preface to the book in which he reminds the reader that «the more elaborate a science the greater its need for awareness ». According to Loi awareness is also attained through the criticism of skepticism in mathematics, i.e. of that skepticism that operates in such a way as to remove objectivity from scientific reasoning. At this stage it must be remembered that it was Lautman who suggested carrying out a philosophic investigation in mathematical reality which would allow the apparent contrast between structural conception and dynamic conception to be avoided. Although it is true that in structural terms a theory appears as something that is time-independent, and although, on the other hand, the same theory is never separable from the stages of its development, it is not necessarily true that it is impossible to achieve the philosophic task of those like Lautman who set out to recover both the *fixity* of logical notions and the *movement* on which the theories feed. In other words, according to Lautman there is a movement that must be examined in order to discover a dialectical link in it between abstract ideas. Besides, in modern mathematics in particular this movement and its dialectics form the basis of a kind of hidden history that it is the philosopher's task to reveal. But this is a history that cannot be investigated without a thorough knowledge of mathematics. The « Essai » concludes, in 1937, with the thesis according to which philosophic reflection on analysis and algebra reveals the existence inside mathematics of « logical schemes that can only be known through mathematics itself ». The problem of the relationship between

matematica riappare nello scritto del 1939 che Lautman intitola « Nouvelles recherches sur la structure dialectique des mathématiques », nella nota pubblicata nel 1946 su « Symétrie et dissymétrie en mathématiques et en physique » e in altri scritti di Lautman raccolti nell'ultima parte del volume. Come annota O. Costa de Beauregard nel suo *Avant-propos*, Lautman ha affrontato i problemi emergenti dalla fisica del nostro secolo con la stessa lucidità che è presente nelle sue indagini sulla matematica.

Quale che sia il giudizio che il lettore vorrà esprimere sulle ricerche di Lautman e sulle tesi che tali ricerche sostengono per quanto riguarda il rapporto tra logica e matematica e tra dialettica e movimento delle teorie, sarà comunque difficile che quel giudizio possa trovare in Lautman argomenti tesi a impoverire il grande problema dell'oggettività della conoscenza scientifica: al centro del filosofare di Lautman sta infatti un tema che è giusto ricordare nel chiudere questa breve nota, e cioè il tema secondo cui ogni filosofia che voglia sopprimere i legami tra pensiero e realtà giunge solamente a una ombra di scienza.

dialectics and mathematics reappears in the article published in 1939 that Lautman entitled « Nouvelles recherches sur la structure dialectique des mathématiques », in the note published in 1946 on « Symétrie et dissymétrie en mathématiques et en physique » and in other writings by Lautman collected in the last part of the book. As O. Costa de Beauregard remarks in his *Avant-propos*, Lautman has approached the problems arising out of physics in our century with the same lucidity that is found in his studies on mathematics.

Whatever the reader's judgment on Lautman's research and on the theses supported by these researches concerning the relationship between logic and mathematics and between dialectics and the movement of theories, it is unlikely to find in Lautman any arguments tending to impoverish the great problem of the objectivity of scientific knowledge. At the centre of Lautman's philosophizing lies an issue that it is only fitting to mention before concluding this short note, i.e. that any philosophy that sets out to do away with the links between thought and reality only attains a pale shadow of science.

ENRICO BELLONE

LAKATOS, I. and MUSGRAVE, A. (eds.)

Critica e crescita della conoscenza

Series: Filosofia della scienza, Vol. 15
Feltrinelli Editore, Milano, 1976
428 pp., L. 10.000

Uno dei temi che emergono dalla lettura del testo (la cui edizione italiana è stata curata da G. Giorello) e viene più spesso ripreso nei recenti dibattiti sulla crescita della conoscenza, è il problema dell'incommensurabilità fra teorie scientifiche: non solo non pare possibile confrontare teorie appartenenti a diversi periodi storici, ma neppure teorie alternative circa gli 'stessi fenomeni'. Questa tesi compare, con maggiore o minor

One of the themes emerging from a reading of the text (It. Ed. edited by G. Giorello) which has often been taken up in recent debates on the growth of knowledge, is the problem of the incommensurability of scientific theories. Not only does it not seem to be possible to compare theories belonging to different historical periods but not even alternative theories about the 'same' phenomena. This thesis is held,

un confronto e di una scelta tra teorie alternative. La stessa verifica (o falsificazione) di una teoria rischia la circolarità, essendo ogni teoria confermata (o corroborata) dai suoi propri 'fatti'.
I 'fatti' scientifici sono 'pianificati' in base alle direttive di un contesto teorico che non lascia spazio all'esistenza di fatti imprevisti. Se è impossibile una traducibilità almeno parziale dei linguaggi di teorie diverse, se non esiste un terreno comune su cui confrontare teorie alternative, com'è possibile sfuggire a un radicale relativismo, a un'immagine della scienza come diacronico contrapporsi di teorie, come coesistenza di teorie fra cui la scelta è basata su fattori extrascientifici? È ancora possibile parlare di 'progresso' scientifico?
Sono, queste, domande a cui gli autori del volume danno risposte che, seppure a volte poco convincenti da un punto di vista filosofico, aprono tuttavia la strada a nuove prospettive di ricerca. Il tipo di critiche che nel volume vengono mosse a Kuhn, ad esempio, tendono a fare rilevare la contraddittorietà della tesi kuhniana dell'incommensurabilità: essa infatti contraddice una altra tesi centrale che afferma l'incompatibilità di teorie rivali. Com'è possibile, fa infatti notare Watkins, che si possa davvero parlare di alternative se non è possibile commensurare i rispettivi paradigmi? La posizione di Kuhn sembra portare a una sorta di 'coesistenza pacifica' fra teorie o addirittura a una proliferazione indiscriminata *à la* Feyerabend. Questa posizione però induce a un'altra, più grave considerazione: se non è infatti possibile parlare di 'progresso' scientifico in termini razionali, dovremo identificare il progresso con il punto di vista del paradigma vincente? È una soluzione tanto dogmatica quanto implausibile.
Ad anni di distanza, comunque, una delle tematiche centrali del dibattito epistemologico è ancora l'alternativa realismo-relativismo, dove i problemi della commensurabilità delle teorie e della natura della loro successione giocano un ruolo fondamentale. Gli strumenti di analisi oggi si sono diver-

between alternative theories. The very verification (or falsification) of a theory runs the risk of becoming a circular argument as each theory is confirmed (or corroborated) by its own 'facts'. Scientific 'facts' are 'planned' according to the directions received from a theoretical context in which there is no room for unpredicted facts.
If it is impossible to translate, even partially, the languages of the various theories, if there is no common ground on which to compare alternative theories, how is it possible to avoid a radical relativism, a conception of science as a diachronic series of conflicting theories, as the coexistence of theories between which a choice is made on the strength of extrascientific factors? Is it still possible to speak of scientific 'progress'?
Answers to these questions are given by the authors which, although occasionally unconvincing from the philosophic standpoint, nevertheless open up new research horizons. The type of criticisms made in this book against Kuhn, for instance, tends to show up the contradictions in Kuhn's incommensurability thesis. In fact it contradicts another main thesis asserting the incompatibility of rival theories. Watkins wonders how it is possible to speak of alternatives if it is not possible to commensurate the respective paradigms. Kuhn's position seems to lead to a sort of 'peaceful coexistence' between theories or even to an indiscriminate proliferation *à la* Feyerabend. However, this position points to another more serious consideration: if it is not possible to speak of scientific 'progress' in rational terms, must progress be equated with the point of view of the victorious paradigm? This solution is as dogmatic as it is implausible.
After years of epistemological debate one of the main themes is still the realism/relativism alternative, where the problems of the commensurability of the various theories and of the nature of their succession play an essential role. The instruments of analysis available today are diversified and comprise also the most recent developments

sificati, comprendendo anche i più recenti sviluppi della filosofia del linguaggio, che cerca di chiarire problemi connessi al significato ed al riferimento dei termini scientifici, approccio che tuttavia pare piuttosto sterile, in quanto apre, accanto ai problemi sovra accennati, ulteriori problemi linguistici; se la semplicità è un criterio valido anche in epistemologia, tale approccio non merita di essere perseguito.

Una soluzione radicalmente diversa appare quella prospettata dallo Stegmüller (in *The Structure and Dynamics of Theories*), che distingue fra il fatto di poter mantenere stabile una teoria scientifica e la possibilità di cambiare continuamente le proprie ipotesi e convinzioni teoriche. La contraddizione fra stabilità della teoria e instabilità di tali credenze è solo apparente: infatti ciò che rimane stabile è la *struttura matematica* della teoria, che non viene più considerata da un punto di vista linguistico, come insieme di enunciati. È tale nucleo centrale della teoria — la sua struttura matematica — che rimane invariato nella scienza normale. Ciò che cambia continuamente sono i tentativi di espandere tale nucleo per formulare enunciati empirici.

Questa separazione fra nucleo matematico e ipotesi empiriche è usata in una prospettiva antidogmatica, in quanto allo scienziato normale è permesso, anzi fa parte della sua pratica scientifica, cambiare le proprie ipotesi; la teoria comunque, in quanto struttura matematica, resta immune dalla falsificazione. In questa luce il dibattito fra Kuhn e i popperiani diventa opposizione fra chi, come questi ultimi, adotta una teoria linguistica delle teorie scientifiche, mentre Kuhn è molto più vicino a un'interpretazione non linguistica.

Altro tema interessante è il rapporto tra metodologia e storia della scienza. Le due posizioni contrapposte si possono così schematizzare: da una parte Kuhn secondo cui la storia della scienza deve descrivere ciò che realmente accade, mentre la metodologia ricostruirà il procedere scientifico in base a ciò che accade nel mondo degli scienziati. È inutile aggiungere che, in base ai

in the philosophy of language, which endeavours to clarify problems connected with the meaning and the reference of scientific terms. This seems to be a rather unproductive approach, however, as, in addition to the above-mentioned problems, it opens up further linguistic problems. If it is true that simplicity is a valid criterion also in epistemology, such an approach does not deserve to be followed.

A radically different solution seems to be that proposed by Stegmüller (in *The Structure and Dynamics of Theories*) who makes a distinction between being able to keep a scientific theory stable and being able to change one's hypotheses and theoretical convinctions continuously. The contradiction between the theory's stability and the instability of these beliefs is only apparent; what remains stable is the *mathematical structure* of the theory which is no longer considered from a linguistic standpoint, as a set of propositions. It is this central nucleus of the theory, i.e. its mathematical structure, which remains invariable in normal science. What changes continuously are the attempts to expend this nucleus in order to formulate empirical propositions.

This distinction between mathematical nucleus and empirical hypothesis is used in an anti-dogmatic key as the normal scientist is allowed — indeed, this is part of his scientific practice — to change his hypotheses. The theory, however, as it is a mathematical structure, is immune from falsification. In this light, the debate between Kuhn and the Popperians becomes an argument between those who, like the latter, have adopted a linguistic theory of scientific theories, while Kuhn is much closer to a non linguistic interpretation.

Another interesting aspect is the relation between methodology and the history of science. The two opposing positions may be summed up as follows: on the one side Kuhn, according to whom the history of science must describe what really happens, whereas methodology reconstructs the scientific process on the basis of what happens in the world of the scientists. There

risultati ottenuti come storico della scienza, Kuhn giunge a una sorta di negazione della validità di una autonoma filosofia della scienza. Dall'altra parte sta Lakatos, secondo cui la storia della scienza, *tout court* identificata con la storia interna, è una ricostruzione razionale del procedere scientifico e, in quanto ricostruzione, dipenderà dalla particolare logica della scoperta che adottiamo.

Nella sua analisi, Kuhn ricorre a considerazioni di ordine sociologico e psicologico al fine di tracciare un quadro della cosiddetta storia esterna senza la quale ogni ricostruzione 'interna' perderebbe significato. Per Lakatos invece la ricostruzione razionale o storia interna è primaria, e la storia esterna è solo secondaria in quanto i suoi più importanti problemi sono definiti e interpretati dalla storia interna. E proprio la metodologia dei programmi di ricerca permette di demarcare in maniera univoca i due momenti, anche se questa demarcazione vale soltanto all'interno di un determinato programma di ricerca. Ora se è vero che la metodologia kuhniana presta il fianco all'accusa di risoluzione della storia della scienza in sociologia delle comunità scientifiche, la soluzione lakatosiana dei programmi di ricerca può essere considerata più convincente? È vero che per Lakatos la storia della scienza è il banco di prova delle metodologie, ma la storia è essa stessa 'interpretata' secondo una metodologia; non rischia dunque di diventare una 'storia ad hoc' che in ogni caso giustifica la particolare metodologia in base alla quale è stata ricostruita? Proprio una ricostruzione, ad opera di Lakatos e Zahar, della Rivoluzione copernicana sembra dar forza a tali dubbi. La circolarità sarebbe forse evitabile se fosse possibile confrontare una metodologia con un particolare episodio di storia della scienza ricostruito con una metodologia diversa. Sorge però il dubbio sulla possibilità di tale operazione: Lakatos infatti, pur non escludendo la possibilità di commensurare due programmi di ricerca diversi e confrontare due interpretazioni alternative di un medesimo 'caso' scientifico, non offre criteri di

is no need to add that, on the strength of the results he has obtained as a science historian, Kuhn arrives at a kind of denial of the validity of any autonomous philosophy of science. On the other side there is Lakatos, who believes that the history of science, equated *tout court* with internal history, is a rational reconstruction of the scientific process and, as such, depends on the peculiar logic of discovery we use.

In his analysis, Kuhn employs considerations of a sociological and psychological nature in order to outline the so-called external history without which no 'internal' reconstruction would have any meaning. For Lakatos on the other hand the rational reconstruction or internal history is of paramount importance and the external history is secondary insofar as its most important problems are defined and interpreted by the internal history. And it is the very methodology of the research programs that makes it possible to distinguish univocally between the two stages, even though this distinction is valid only within a given research program. While it is true that Kuhn's methodology is open to the criticism that it resolves the history of science into the sociology of scientific communities, is Lakatos' solution of research programs any more convincing? It is true that for Lakatos the history of science is the testing ground for methodologies, but history itself is 'interpreted' according to a methodology. Does it not run the risk of becoming an 'ad hoc history' which in any case would justify the peculiar methodology on the basis of which it had been constructed? Indeed a reconstruction by Lakatos and Zahar of the Copernican revolution seems to substantiate these doubts. Circular reasoning would perhaps be avoidable if it were possible to compare a methodology with a particular episode in the history of science which was reconstructed using a different methodology. It is doubtful, however, whether this would be possible. In fact, Lakatos, although not excluding the possibility of commensurating two different research programs and of

traducibilità tra programmi diversi e anzi a volte sembra addirittura ammettere la possibilità di un linguaggio neutrale *à la* Popper. In questo caso valgono anche per Lakatos le critiche già mosse a Popper, critiche che, come abbiamo visto sopra, sono progressive soltanto se la prospettiva è quella di uscire da una interpretazione puramente linguistica delle teorie scientifiche.

comparing two alternative interpretations of the same scientific 'event', does not suggest any criteria for translating different programs and indeed often seems to admit the possibility of a neutral language *à la* Popper. In this case the criticisms made of Popper can be applied to Lakatos, and such criticisms would be progressive only if the aim is to go beyond a purely linguistic interpretation of scientific theories.

CRISTINA BICCHIERI - PASQUALE TUCCI

HUXLEY, J.

La genetica sovietica e la scienza

Il caso Lysenko: un dibattito che continua
Series: Parametri, Vol. 6
Longanesi and C., Milano, 1977
CIII + 215 pp., L. 5.000

Nell'agosto del 1939 molti genetisti di tutto il mondo erano convenuti a Edimburgo per partecipare al VII Congresso internazionale di Genetica. Il comitato ordinatore aveva deciso di affidare la presidenza del congresso all'insigne genetista sovietico N. I. Vavilov, volendo con questa designazione fare anche un atto di omaggio alla scienza sovietica. Grande fu lo stupore e il rammarico di molti di noi, quando apprendemmo che a Vavilov era stato negato, dalle autorità del suo governo, il visto d'uscita dalla Russia. Egli non poté quindi partecipare al congresso, la cui presidenza fu conferita, all'ultimo momento, al Segretario generale F. A. E. Crew. Per molti di noi fu quella la prima notizia della campagna che si era scatenata in URSS contro la genetica, cioè contro quella che fu definita come la ideologia « mendeliana morganiana idealistico-borghese », per opera dell'agronomo T. D. Lysenko (nome allora sconosciuto alla quasi totalità dei genetisti occidentali).
La chiusura del congresso coincise con i primi episodi della seconda guerra mondiale, l'invasione di Danzica da parte delle truppe hitleriane, e, per quanto concerne i congres-

In August 1939 numerous geneticists from the world over met at Edinburgh to take part in the VII International Congress of Genetics. The organising committee had decided to entrust the chairmanship of the congress to the distinguished Soviet geneticist N. I. Vavilov and his nomination was meant also as a sign of respect for Soviet science. Many of us were thus astonished and upset to learn that Vavilov had been refused the exit visa from Russia by the representatives of his government. He was thus unable to take part in the congress and the chairmanship was offered to the secretary general F. A. E. Crew at the last minute. For many of us this was the first sign of the campaign against genetics that had been started in the USSR, i.e. against what was defined as the « idealistic-bourgeois Mendelian Morganian » ideology by the agronomist T. D. Lysenko (who was virtually unknown at the time to almost all Western geneticists).
The congress ended at the time of the first events of the Second World War — the invasion of Danzig by Hitler's troops and, as far as the congress participants were

sisti, il siluramento di una nave per passeggeri, che riportava negli Stati Uniti alcuni genetisti americani, alcuni dei quali perirono nel naufragio.
Dopo la fine della guerra fummo informati del trionfo in URSS della teoria miciuriniana, il cui corifeo era Lysenko, trionfo che fu solennemente e ufficialmente consacrato nella famosa adunanza della Accademia Lenin di Scienze Agrarie del 1948. In seguito ci pervennero a poco a poco ulteriori notizie sulle vicende che si erano svolte in URSS a questo proposito: l'arresto e poi la morte di Vavilov in Siberia (1943), la sconfitta di tutte le resistenze che alcuni biologi coraggiosi avevano tentato di opporre alle farneticazioni di Lysenko e dei suoi seguaci, la dimissione dai loro posti dei genetisti che non avevano voluto accettare il nuovo verbo, ecc.
Poi, dopo il 1964, venne la sconfessione della teoria da parte delle autorità sovietiche e la riabilitazione di Vavilov (alla memoria), e di alcuni genetisti superstiti, a cui furono assegnate cattedre di genetica e onorifiche cariche accademiche. Proprio oggi, mentre scrivo queste note, mi giunge da Leningrado una cartolina di un collega con un bel francobollo recante l'effigie di Vavilov, e la scritta: Accademico N. I. Vavilov, 1887-1943.
La bibliografia su questa triste pagina della storia della biologia è copiosa. Il libro di Zh. Medvedev, che è stato recensito in Scientia nel n. I-II del 1971, è piuttosto esauriente, per quanto riguarda la cronaca della vicenda. Tuttavia è rimasta sempre carente e superficiale l'analisi delle cause che hanno reso possibile un'azione che molti avrebbero a priori ritenuta impossibile nel secolo ventesimo, in un paese di alta tradizione scientifica.
Quando ho ricevuto questa nuova edizione del ben noto volume che Julian Huxley scrisse nel 1949 e che fu tradotto in italiano nel 1952, ho pensato che fosse un'impresa superflua, trattandosi di cose ormai da lungo tempo conosciute e scontate. Ma quando ho letto, con vivo interesse, la lunga introduzione di S. Tagliagambe (100 pagine) mi sono reso conto della importanza di questa opera.

concerned, the torpedoing of a passenger ship in which some American geneticists were returning to the United States, some of whom lost their lives.
After the end of the war we were informed of the triumph in the USSR of the Mičurinist theory the leader of which had been Lysenko. This triumph was solemnly and officially ratified in the famous meeting of the Lenin Academy of Agricultural Sciences in 1948. Little by little we received further news of the events that had taken place in the USSR: Vavilov's arrest followed by his death in Siberia (1943), the crushing of all the resistance put up by a few courageous biologists against the ravings of Lysenko and his followers, the dismissal of the geneticists who had refused to accept the new verb, etc. Then after 1964 Lysenko's theory was no more supported by the Soviet authorities and there was a (posthumous) rehabilitation of Vavilov and a few surviving geneticists who received chairs of genetics and honorary academic posts. This very day, while I was writing this article, I received a postcard from Leningrad with a fine postage stamp bearing the portrait of Vavilov and the inscription: N. I. Vavilov, 1887-1943.
Much has been written on this sad page in the history of biology. The book by Zh. Medvedev, which was reviewed in Scientia n. I-II, 1971, is fairly exhaustive as regards the actual events. However what has remained incomplete and superficial is the analysis of the causes leading up to an action that a priori most people would have thought impossible in the twentieth century, in a country with a longstanding scientific tradition.
When I received this new edition of the well-known volume that Julian Huxley wrote in 1949 and which was translated into Italian in 1952, I thought that it was a vain undertaking as it dealt with things that had been long since well known and settled. But when I read with keen interest the long introduction by S. Tagliagambe (100 pages) I realised just how important this book was.

Lo Huxley, nella prefazione al proprio libro, si domanda « come mai Lysenko avesse vinto la sua battaglia e come fosse possibile che l'Accademia delle Scienze gli avesse prestato la propria autorità per sopprimere un intero ramo della scienza », e soggiunge: « la sola spiegazione è che tale atto venisse compiuto sulla base di principi ideologici sotto pressioni politiche, anche se le ragioni precise per esercitare pressioni politiche ed ideologiche tanto potenti rimangano un mistero a questo proposito ».
La prefazione di Tagliagambe è appunto intesa a diradare questo mistero. L'autore fa una indagine accurata e profonda, basandosi sui documenti originali (tutti indicati in bibliografia e di cui nel testo vi sono ampie citazioni integrali) dell'atmosfera che, nei riguardi della ricerca scientifica per la società socialista, si era venuta sviluppando e modificando nel corso del tempo. Il Tagliagambe parte dalle posizioni di Lenin prima della rivoluzione (1908) e dalla controversia con Lunačarskij, seguita poi, durante la rivoluzione, dall'accettazione da parte di quest'ultimo del programma culturale di Lenin. Egli segue poi le varie e tormentate vicende della politica culturale dell'URSS nel periodo post-rivoluzionario fino alla morte di Lenin, e dopo, fino al culmine della egemonia staliniana. È una lettura estremamente interessante e illuminante per coloro che non hanno avuto modo di seguire questa storia, se non ricorrendo a letture disparate e più o meno frammentarie. Risulta chiaro da questa esposizione critica quale sia stato il substrato ideologico, filosofico, politico ed economico sul quale è potuta prosperare la dittatura culturale staliniana e, in particolare, la sua espressione più clamorosa e più dannosa per la scienza e per l'economia: l'avventura di Lysenko.
L'introduzione conduce così fino al primo attacco diretto contro Vavilov e la genetica sovietica comparso nel gennaio 1931 sulla rivista 'Ekonomičeskaja Zizn' (Vita economica). Di qui ebbe inizio l'ascesa di Lysenko. Segue il testo di Huxley, che comincia col narrare la storia della controver-

In the preface to his book, Huxley asks « how was it possible for Lysenko to win his battle and for the Academy of Science to lend him its authority to suppress an entire branch of science », and adds, « the only explanation is that this act was carried out on the basis of ideological principles under political pressure, even though the exact reasons for such exerting powerful political and ideological pressures is still a mystery in this connection ». The aim of Tagliagambe's preface is to dispel this mystery. The author makes a thorough analysis based on original documents (all indicated in the bibliography and extensively quoted in the text) of the atmosphere that surrounded scientific research and the theory of knowledge and its importance in the Socialist society and had gradually been developed and modified in time. Tagliagambe starts off from Lenin's position prior to the revolution (1908) and the controversy with Lunačarskij, which was followed, during the revolution, by the acceptance by the latter of Lenin's cultural programme. He then follows the various tormented events in cultural policy in the USSR during the post-revolutionary period up to Lenin's death and after, as far as the period in which Stalin's hegemony was at its height. It is extremely interesting and instructive reading for those who have not had the occasion to follow this story, except in the form of heterogeneous and fragmentary readings. This critical presentation clarifies the ideological, philosophic, political and economic substrate on which Stalin's cultural dictatorship flourished and particularly that expression of it which was the most sensational and the most detrimental to science and economy: the Lysenko adventure.
The introduction thus leads up to the first direct attack on Vavilov and Soviet genetics which appeared in January 1931 in the review 'Ekonomičeskaja Zizn' (Economic Life). This marked the beginning of Lysenko's rise. Then comes Huxley's text which begins by narrating the story of the controversy and then examines it

sia e ne esamina poi ampiamente e criticamente gli aspetti dal punto di vista scientifico.
Quindi questo libro ha una sua compiutezza consequenziale, che lo rende veramente prezioso per comprendere finalmente le basi ideologiche e politiche da cui è potuta nascere e svilupparsi la tristissima, incredibile vicenda. A lettura finita non si può che condividere *toto corde* l'auspicio con cui il Tagliagambe conclude la sua prefazione: « che tutti coloro che ripropongono formule, slogan e soluzioni venute alla ribalta in un certo contesto politico-sociale lo facciano rendendosi conto fino in fondo delle implicazioni insite in tali riproposizioni ».

fully and critically from the scientific standpoint.
This book thus has a certain consistent completeness which makes it truly invaluable for explaining finally the ideological and political bases on which this most unhappy, incredible episode rested and was able to develop. On putting the book down, one cannot help sharing *toto corde* the hope with which Tagliagambe ends his preface: « that all those who repropose formulae, slogans and solutions having come to the fore in a certain politico-social context do so in perfect awareness of the implications of their reproposals ».

GIUSEPPE MONTALENTI

LENZER, G. (ed.)

Auguste Comte and Positivism: the Essential Writings

Harper Torchbooks, San Francisco, 1975
LXVIII+505 pp., No price stated

Quest'opera destina all'interesse del pubblico di lingua inglese un'ampia scelta di testi comtiani, offrendo tuttavia uno spazio dominante al pensiero sociologico del fondatore del positivismo. Vi sono infatti compresi, anzitutto, due degli scritti giovanili che Comte ripubblicò nell'*Appendice générale* del *Système de Politique Positive* (1854) e cioè il saggio *Séparation générale entre les opinions et les désirs* risalente al 1819 e l'opuscolo, che Comte ritenne sempre fondamentale, *Plan des travaux scientifiques nécessaires pour réorganiser la société*, già pubblicato nel 1822 e che apparve in una seconda edizione con il titolo di *Système de politique positive* (1824). Questi testi sono seguiti da significativi brani delle lezioni del *Cours de Philosophie Positive* e della seconda grande impresa sistematica di Comte, il *Système de Politique Positive*. La parte finale di questa antologia comprende il culto positivista, che occupa il quarto volume del *Système* (1854), volume che meglio

This work provides English language readers with a wide choice of Comtian texts, at the same time giving a dominant space to the sociological thought of the founder of positivism. In fact, it includes two early writings republished by Comte in the *Appendice générale* to the *Système de politique positive* (1854), i.e. the essay entitled *Séparation générale entre les opinions et les désirs* dating back to 1819 and the pamphlet that Comte always considered of fundamental importance, *Plans des travaux scientifiques nécessaires pour réorganiser la société*, already published in 1822 and which later appeared in a second edition under the title of *Système de politique positive* (1825). These texts are followed by significant extracts from the lectures of the *Cours de philosophie positive* and of Comte's second great systematic understaking, the *Système de politique positive*. The final section of this anthology comprises the positivistic cult, which forms the fourth volume of the

degli altri motivava il sottotitolo di questa monumentale opera della nascente sociologia: *Traité de sociologie instituant la Religion de l'Humanité*. Gertrud Lenzer, curatrice di questo volume, è infatti studiosa di sociologia e ne ricorderemo qui la collaborazione, che è nota anche al lettore italiano, con H. Starobin a un libro di P. Rousseas sul colpo di stato in Grecia (trad. it., Milano 1968).

Se l'ampiezza di questa raccolta di scritti comtiani non lascerà forse del tutto soddisfatto lo studioso di Comte, — per la mancanza vuoi di note al testo, vuoi di scritti di Comte che non fossero già tradotti in lingua inglese, così come di presentazioni giustificative e interpretative delle singole scelte, — essa non mancherà tuttavia di manifestare il tentativo di offrire una immagine sufficientemente ampia della connessione tra le pur diverse fasi dell'opera di Comte, che è appunto il criterio 'continuista' che appare da questa edizione antologica.

Alle preoccupazioni della filologia subentra così lo sforzo di preservare la coerenza interna di tutta l'opera comtiana per consentire un nuovo approccio al positivismo sia dal punto di vista epistemologico sia da quello sociologico. Si tratterà, in particolare, di recuperare entro il quadro complessivo quelle nozioni della religione dell'umanità in cui le teorie politiche di Comte si svelano, secondo la Lenzer, come le parti più vitali e discusse dell'intera concezione positivista.

Senza pretendere di interpellare la verità dell'opera di Comte e di difendere il luogo incontestabile in cui essa manifesterebbe il proprio significato ultimo preferiamo avanzare alcune osservazioni, che scaturiscono dal trovarci di fronte, prima ancora che a Comte, a un'edizione in lingua inglese della sua opera. Sarebbe infatti difficile trascurare il fatto, a prima vista paradossale, che questa è, dopo quella degli *Early Essays on Social Philosophy* a cura di H. D. Hutton del 1911, la prima riedizione di Comte in lingua inglese nel nostro secolo. Aspetto curioso questo, se si riflette

Système, the one that deserved more than the others the subtitle of this monumental work of the rising sociology: *Traité de sociologie instituant la Religion de l'Humanité*. Gertrude Lenzer, the editor of this volume, is a sociologist and collaborated, as the Italian reader will remember, with H. Starobin on a book by R. Rousseas on the *coup d'état* in Greece (Ital. trans., Milan 1968).

Although the scope of this collection of Comte's writings will perhaps not satisfy completely Comtian specialists because of the absence whether of notes to the text, or of writings by Comte that had not already been translated into English and of explanatory and interpretative presentations to the individual choices, it certainly reveals itself to be an attempt to offer a sufficiently comprehensive view of the connection between the rather widely varying phases of Comte's work, which is the 'continuistic' criterion apparent in this anthological edition.

Concern with philology is thus replaced by an effort to maintain the internal consistency of the whole of Comte's work so as to permit a fresh approach to positivism from both the epistemological and sociological standpoints. What must be done, in particular, is to restore to the overall picture of the notions of the religion of mankind in which Comte's political theories are found to be, according to Lenzer, the most vital and debated parts of the whole positivistic conception.

Without claiming to appeal to the truth of Comte's work or to defend the unchallengable place in which it supposedly manifests its ultimate meaning, I would rather make a few observations deriving from the fact that we are dealing, not so much with Comte, as with an English edition of his work. Indeed, it would seem difficult to ignore the fact, at first sight paradoxical, that, after *Early Essay of Social Philosophy*, ed. by H. D. Hutton in 1911, this is the first English language reprint of Comte of this century. This is quite curious if one considers the favour

sulla fortuna del pensiero comtiano nella cultura anglosassone, dapprima, nell'età vittoriana, da Richard Congreve, fondatore della London Positivistic Society, a Stuart Mill e prolungatasi poi in Frederic Harrison e C. S. Peirce. A questa fortuna non corrispose tuttavia lo studio del pensiero di Comte da parte del positivismo logico anglosassone, pure rivoltosi alle scienze sociali, mentre la continuità tra Comte e la visione positivista successiva veniva riconosciuta in tradizioni diverse o laterali rispetto al neopositivismo, quali, per esempio, quella hegelo-marxista della Scuola di Francoforte alla quale la Lenzer è vicina, oppure quella antistoricista di Karl Popper.

Il lungo saggio introduttivo della Lenzer si collega polemicamente proprio al clima di disapprovazione e di irrisione verso le forme mistiche della politica positiva di Comte che attraverso Mill si era radicato nella cultura anglosassone. Se perciò, a partire da Mill, si è dichiarato di poter condividere l'aspetto logico-scientifico del positivismo comtiano, respingendo invece la successiva subordinazione delle scienze a un'ideologia autoritaria e reazionaria, sarà compito della curatrice del volume mostrare che non è legittimo isolare le componenti logiche da quelle sociologiche e politiche nel sistema intellettuale comtiano.

Comte viene rivisitato dunque attraverso Burke, cioè, come teorico del dispotismo spirituale della società sulle libertà individuali, restauratore dell'ordine nel progresso e nemico delle tendenze emergenti dalle nuove forze economiche e politiche della società industriale. G. Lenzer rileva tuttavia, fortunatamente, che diversamente che in Burke, il quale negava alla ragione umana la possibilità di comprendere le strutture naturali e sociali, in Comte si insiste sulla possibilità di conoscere i fenomeni naturali e sociali. Anzi, è sulla base della conoscibilità della continuità che li sottende che Comte può definire il progetto di riorganizzazione positiva della società. Questa non può che procedere dalle

enjoyed by Comte's idea at first, during the Victorian age, from Richard Congreve, the founder of the London Positivistic Society, to Stuart Mill, and later to Frederic Harrison and Charles S. Peirce. This favour was not accompanied by any study of Comte's thinking by Anglo-Saxon logical positivism, which did however concern itself with the social sciences; the continuity between Comte and the later positivistic views could be found in other or lateral traditions with respect to neopositivism, f.e. such as the Hegelo-Marxist one of Frankfurt School, to which Lenzer is close, or the anti-historicistic one of Karl Popper.

The long introductory essay by Lenzer controversially refers to this very atmosphere of disapproval and derision of the mystical forms of Comte's positive politics which had become rooted in Anglo-Saxon culture through Mill. Thus, while starting from Mill it was declared that the logico-scientific aspect of Comtian positivism could be accepted, at the same time rejecting the later subordination of science to an authoritarian and reactionary ideology, the editor of this volume sets out to show that it is not legitimate to isolate the logical components from the sociological and political ones in Comte's intellectual system. Comte is thus re-examined through Burke; i.e. as a theorician of the spiritual despotism of society over individual freedom, the restorer of order to progress and the enemy of the tendencies emerging from the new economic and political forces of the industrial society. However, G. Lenzer fortunately points out that unlike Burke, who denied that human reason could understand natural and social structures, Comte insists on the possibility of knowing natural and social phenomena. Indeed, it is on the strength of the knowability of the underlying continuity that Comte is able to define the project of the positive reorganisation of society. This can only proceed from theoretical forms observable by society itself and this implies that all political practices must be based on the theoretical

forme teoretiche osservabili della società stessa e ciò implica che ogni prassi politica deve avere come prerequisito l'atteggiamento teoretico di una scienza positiva della politica. L'ordine politico, in altre parole, deve riflettere la sua organizzazione dallo stato di sviluppo delle scienze: questa visione comtiana postula dunque la separazione tra la teoria e la prassi, che viene indicata nel saggio introduttivo di questo volume come il principio metodologico centrale del pensiero comtiano, in base al quale le trasformazioni del campo sociale dipendono da quelle del campo del sapere.
La teoria così distinta dalla prassi sarà evidentemente la reificazione dell'ordine esistente e l'estrapolazione di questo stesso ordine nel futuro assicurerà la stabilità del progresso dal presente al futuro.
Anche il pensiero epistemologico positivista, quale appare nella fondazione comtiana della conoscenza scientifica, subordinando la concezione dell'uomo a quella delle leggi del mondo esterno, che la filosofia positiva si propone di estendere ai fenomeni sociali e umani, permette al positivismo di assicurare, secondo la Lenzer, l'eliminazione dell'immaginazione e del libero arbitrio nella vita intellettuale ed emozionale, esattamente come il sistema industriale e la tecnica moderna hanno assoggettato a sé l'esistenza fisica dell'uomo. Le oggettivazioni della ragione umana nelle forme delle scienze positive, che esprimono il potere umano sulla natura, assumono così il ruolo di padroni e arbitri dell'uomo stesso, relegando il desiderio della libertà al ruolo di pericolosa illusione metafisica. La stessa introduzione dell'amore come principio del sistema sociale positivo non è che una garanzia ulteriore, estesa all'ambito emozionale umano, di quella perpetuazione dell'ordine finale dell'umanità che Comte giudicava al suo tempo perfettibile, ma già sostanzialmente raggiunto.
Noi non proviamo tuttavia imbarazzo, di fronte alla visione politica comtiana, nel riscontrare che essa non è meno presente nelle lezioni del *Cours* dedicate alla classificazione delle scienze che nelle pagine so-

attitude of a positive science of politics. In other words the political order must reflect its organisation by the state of development of the sciences: this Comtian view thus postulates the distinction between theory and practice mentioned in the introductory essay of this volume as the main methodological principle of Comtian thought on the basis of which transformations in the social field depend on those in the field of knowledge.
Theory thus separated from practice will obviously mean the reification of the existing order and its extrapolation into the future will guarantee the stability of progress from the present to the future.
Also positivistic epistemological thinking, as it appears in the Comtian foundation of scientific knowledge, by subordinating the conception of man to that of the laws of the outside world that positive philosophy sets out to extend to social and human phenomena, according to Lenzer, enables positivism to ensure the elimination of the imagination and free will from intellectual and emotional life, just as the industrial system and modern technology have subjugated the physical existence of man. The objectivations of human reason in the forms of positive sciences, which express human power over nature, thus take on the role of the masters and arbiters of man himself, relegating the desire for freedom to the role of dangerous metaphysical illusion. The very introduction of love as a principle of the positive social system is merely a further guarantee extended to the human emotional sphere of that perpetuation of the final order of mankind that Comte judged, in his time, to be perfectable but already largely achieved.
We feel no embarrassment, however, before the Comtian political conception in observing that it is equally present in the lectures of the *Cours* devoted to the classification of sciences and in the sociological pages of the *Système.* The complicity between the system of the sciences and the 'science' of power' has in fact been acknowledged in the most recent critical re-appraisals

ciologiche del *Système*. La complicità tra il sistema delle scienze e la 'scienza del potere' è stata infatti ben riconosciuta nelle più recenti occasioni di ripensamento critico su Comte. Essa può essere agevolmente letta, per esempio, attraverso il duplice registro, quello delle scienze e quello della politica, in cui ricorrono in Comte parole come ordine e gerarchia.
Sembra perciò molto valido l'invito della Lenzer a misurare con franchezza quale reale distanza rispetto a Comte sia espressa dalla pretesa neutralità scientifica delle teorie cibernetiche della sociologia statunitense contemporanea. Meno proficuo, forse, è l'aver incentrato l'esame soprattutto sulla propedeutica comtiana della sottomissione della libertà umana alle oggettivazioni sociali e scientifiche, ciò che sottolinea inquietudini tipicamente *liberal* più che la denuncia degli aspetti idealistici del pensiero politico di Comte. Meno proficuo perché, confortati da ciò che sembra essere l'oggettivo fallimento del programma comtiano di stabilizzazione dell'ordine sociale capitalista sul sapere scientifico, ci sembra che lo sforzo di trovare nel pensiero di Comte l'indizio di una profezia sociologica appaia oggi meno fecondo di quello di cogliere suggerimenti per definire criticamente, in mutate condizioni culturali, una dimensione storica delle scienze.

of Comte and may be easily interpreted, f.e. through a dual register, that of science and that of politics, in which we find Comte using words like order and hierarchy.
Lenzer's invitation to measure frankly what real distance with respect to Comte is expressed by the alleged scientific neutrality of the cybernetic theories of modern sociology in the USA thus seems to be a valid one. It was perhaps less useful to have centered the examination mainly on the Comtian propedeutics of the subjection of human freedom to social and scientific objectivations which emphasizes typically liberal anxieties rather than the denunciation of the idealistic aspects of Comte's political thinking. It is less useful because, supported by what seems to have been the objective failure of the Comtian program of stabilisation of the capitalistic social order on scientific knowledge, it would appear that the endeavour to find in Comtian thinking an indication of a sociological prophecy is less fruitful today than that of gathering suggestions to critically define, under changed cultural conditions, a historical dimension of the sciences.

PIETRO REDONDI

LINSTONE, H. A. and TUROFF, M. (eds.)

The Delphi Method Techniques and Applications

Addison-Wesley Publishing Company, Reading, 1975
xx + 620 pp., figs. and tables, $16.50

La formazione delle decisioni in una società con molteplici articolazioni avviene senza dubbio con un processo assai complicato e in ogni caso connesso con quello della circolazione delle informazioni. Il metodo Delphi fornisce uno strumento per la formazione

Decision-making in a highly structured society is without doubt an extremely complicated process which is in any case connected with that of information circulation. The Delphi method provides a decision-making tool in the case in which it is required to reconcile

delle decisioni nel caso in cui si tratti di mettere d'accordo interessi che sostanzialmente già convergono e richiedono solo un minimo di consultazione tra ben determinati settori di operatori. Infatti tale metodo è articolato in due o (raramente) più tornate (*rounds*) di contatti: dopo una prima raccolta di risposte, i dati sono elaborati e il risultato che esprime la distribuzione delle opinioni del campione è rinviato ai partecipanti perché modifichino se vogliono la prima risposta sulla base della informazione relativa alle reazioni degli altri interrogati. Questo principio di correzione del proprio giudizio sulla base della conoscenza, inizialmente supposta carente, delle opzioni prevalenti in un determinato gruppo è l'elemento caratterizzante del metodo, al di là di tutti i possibili perfezionamenti, raffinamenti e varianti suggerite dai problemi trattati, dalla natura più o meno omogenea del gruppo sondato o dall'obiettivo finale del rilevamento.

Il metodo è stato applicato per la prima volta in uno studio della Rand Corporation sui possibili e prevedibili obiettivi ed effetti di un eventuale bombardamento atomico degli USA, all'inizio degli anni '50. Da allora il numero delle sue applicazioni, come pure i campi su cui è stato sperimentato e le aree politiche e sociali in cui è apprezzato (inclusi paesi dell'Europa orientale) si sono estese in maniera considerevole; un'ampia panoramica è offerta dagli esempi analizzati nei saggi che costituiscono il cap. III del volume.

Il ricorso al metodo ha senso quando si presenta la necessità di raccogliere non dati precisi o quantificabili ma espressioni soggettive di opinioni, aspettative o cosiddetti giudizi di esperti. La possibilità di correzione del giudizio è infatti rilevante quando l'indagine è preliminare a una decisione che richiede un consenso generalizzato, oppure quando si voglia sperimentare la possibilità futura di ottenere il consenso con forme di pressione legittime. Il metodo Delphi è quindi propriamente una tecnica non di rilevazione bensì di formazione e manipolazione del consenso.

Gli autori del volume sono ben consapevoli

interests that are basically already convergent and only call for a minimum of consultation between well-defined sectors of operators. In fact, this method is divided into two or (occasionally) more rounds of contacts. After a first collection of answers the data are processed and the result expressed by the distribution of the opinions of the sample is sent to the participants so that, if they like, they can modify their first answer on the basis of the information they receive on the reactions of the others. This principle of correcting one's judgment on the basis of the knowledge, originally assumed to be lacking, of the alternatives prevailing in a given group is the element that characterizes the method, above and beyond all possible improvements, refinements and variations suggested by the problems being treated, by the homogeneity of the group sampled or by the ultimate objective of the survey.

The method was applied for the first time at the beginning of the 'fifties in a Rand Corporation survey of the possible and predictable objectives and effects of an atomic bombing of the USA. Since then the number of its applications, as well as the fields in which it has been tried out and the political and social areas in which it is appreciated (including Eastern European countries) have considerably extended. An ample survey of these is provided by the examples analysed in the articles comprising Ch. III of the volume.

Using this method has a sense when the need arises to collect subjective expressions of opinions, expectations or the so-called expert judgments and not precise or quantifiable data. The possibility of correcting the judgments is significant when the survey is preparatory to a decision requiring generalised consent, or when it is desired to test the future possibility of obtaining this consent by legitimate forms of pressure. The Delphi method is thus strictly speaking a technique not for sounding out consent but for forming and manipulating it.

The authors of the book are well aware of all the problems, whether technical, meth-

di tutti i problemi, tecnici, metodologici ed ideologici che è inevitabile incontrare su questo terreno. A loro onore va detto che nessun problema rilevante viene eluso, cosicché la loro esposizione e valorizzazione del metodo e delle sue innumerevoli applicazioni non si configura come una proposta subdola di falsa scientificità nel campo della formazione delle decisioni. Gli autori sanno esattamente, e dicono, in quali condizioni la loro tecnica funziona, né si vergognano degli obiettivi a cui viene normalmente piegata. I problemi affrontati con il metodo Delphi sono soprattutto, come è facile immaginare: esplorazione di opzioni nel campo della programmazione sociale e industriale, previsioni di sviluppo tecnologico, valutazione dei vantaggi e degli svantaggi di possibili scelte politiche, formazione di opinioni omogenee sulle cause di certi fenomeni sociali o sul significato di certi avvenimenti, anche storici, e così via. I casi in cui il metodo è particolarmente raccomandato sono quelli in cui la soluzione non è ottenibile con tecniche analitiche o sussiste una impossibilità fisica o culturale di comunicare tra le persone interessate. Le dettagliate relazioni che costituiscono il cap. III illustrano innumerevoli questioni tecniche, dalla preparazione dell'indagine ai metodi di raccolta e ritorno dei dati, alla elaborazione degli stessi negli intervalli tra i diversi *rounds*. La discussione più interessante è forse quella, confortata dagli esempi pratici, relativa al numero e alla opportunità delle successive correzioni; come pure gli elementi che questo alto numero di studi forniscono per la valutazione della affidabilità di previsioni a medio e lungo termine, o per considerazioni di psicologia di gruppo. Nel complesso l'analisi dei casi concreti costituisce nella sua completezza una specie di manuale di applicazione del Delphi. Per quel che riguarda gli strumenti specifici di elaborazione non sembra tuttavia che essi comportino nulla di nuovo rispetto alle solite tecniche statistiche, studio di distribuzioni, *clustering*, valutazioni di opinioni di gruppo e così via.

Sembra più utile dunque soffermarsi su due questioni ampiamente discusse nel libro,

odological or ideological, inevitably encountered in this field. It is to their credit that no important question is dodged; otherwise their illustration and evaluation of the method and its countless applications would be nothing better than a deceitful proposal of false scientificity in the field of decision-making. The authors know exactly under what conditions their technique works, state them explicitly, nor are they ashamed of the objectives for which it is normally used.

As is easy to imagine, the problems approached by means of the Delphi method are mainly: the exploration of options in social and industrial planning, forecasting technological development, evaluating the benefits and drawbacks of alternative policies, the formation of homogeneous opinions on the causes of certain social phenomena or on the meaning of certain, e.g. historical, events, and so on. The cases in which the method is particularly recommended are those in which the solution cannot be obtained by analytical techniques or when it is physically or culturally impossible for the persons involved to communicate. The detailed reports comprising Ch. III illustrate numerous technical questions ranging from the preparation of the survey, to collection methods and the return of processed data and the processing of the latter during the intervals between the various rounds. The most interesting discussion is perhaps the one supported by practical examples on the number and suitability of the later corrections, as well as the elements that this large number of studies provides for the evaluation of the reliability of medium and long range forecasting, or for considerations concerning group psychology. On the whole the analysis of concrete cases is so complete as to form a kind of guidebook for applying the Delphi method. As far as the specific processing instruments are concerned, however, they do not seem to entail anything new with respect to the customary statistical techniques, distribution studies, clustering, group opinion evaluation, and so on.

quella dei fondamenti epistemologici del metodo, a cui è dedicato il cap. II, e quella dei possibili miglioramenti ed estensioni resi possibili dall'uso dei calcolatori (cap. VII).
L'uso dei calcolatori, rendendo teoricamente possibile la revisione delle opinioni in tempo reale, dovrebbe rappresentare l'esaltazione delle potenzialità del metodo; invece il miglioramento apportato è raramente apprezzabile, perché in quasi tutte le applicazioni la prima revisione è stabile. Questa circostanza non deve suggerire considerazioni pessimistiche sulla disponibilità delle persone ad accettare la sia pur non autoritaria imposizione della opinione prevalente dei cosiddetti esperti; al contrario chiarisce come in generale la facilità di addivenire a un consenso tra esperti e interessati, o tra esperti, è dovuta al fatto che i soggetti sono definiti in maniera così restrittiva che l'accordo sulle scelte comuni è ben facile, una volta realizzato un minimo di consultazione. (Sono anche discusse nel libro alcune applicazioni del Delphi in cui opinioni contrastanti si radicalizzano nel confronto, ma questa non è la norma, rientra in alcune applicazioni sperimentali più spregiudicate e teoriche, cfr. cap. III, B1, pp. 84 sgg.).
Questa situazione suggerirebbe una utilizzazione dei calcolatori in una diversa direzione, quella dell'allargamento della base interessata alla rilevazione; qui però si ha nel volume una netta caduta ideologica (*slogans* come « gli esperti sugli Eschimesi sono gli Eschimesi, non gli antropologi »; l'idea di dotare ogni villaggio dei popoli del terzo mondo di un calcolatore per giocare al Delphi) senza uno sforzo serio di approfondire le implicazioni. È questa parte finale deludente che minaccia di relegare il metodo tra le altre anonime tecniche di mercato, contraddicendo le ambizioni dei suoi sostenitori. Nello stesso tempo vengono al pettine i nodi di una disinvolta fondazione epistemologica del metodo (affrontata nel cap. II). Subito dopo le prime applicazioni qualche tempestivo metodologo si era affrettato a darne una fondazione pseudoempirista che ambiva a farne uno dei cardini di una co-

It would thus appear more useful to dwell on two issues widely discussed in the book, that of the epistemological bases of the method, dealt with in Ch. II, and that of possible improvements and extensions of the method made possible by the use of computers (Ch. VII).
By theoretically making it possible to revise opinions in real time, the use of computers ought to represent the method's potential at its height. On the contrary, the improvement made is barely perceptible, since in almost all its applications the first revision is already stable. This circumstance should not suggest pessimistic considerations regarding willingness to accept the albeit non-authoritarian imposition of the dominant opinion by the so-called experts. On the contrary, it clarifies how in general easily reached agreement between experts and persons concerned, or between experts, is due to the fact that the subjects are defined so restrictively that agreement on the common choices is bound to come, once a minimum amount of consultations has been carried out. (Also discussed in the book are a few Delphi applications in which conflicting opinions are radicalized during confrontation, but this is not the rule and comes under a few bolder and more theoretical experimental applications, cf. Ch. III, B1, pp. 84 *et seq.*).
This situation would suggest using computers in a different way, i.e. extending the base involved in the survey. However, here there is a sharp ideological drop in the volume (slogans like « the experts on Eskimos are the Eskimos, not the anthropologists »; the idea of equipping every village in the third world with a computer for the population to play the Delphi game) without making any serious effort to realise all the implications. This is the disappointing final part that threatens to relegate the method among the other anonymous marketing techniques thereby contradicting its supporters' ambitions. At the same time the questions arising out of the casual epistemological foundation of the method (treated in Ch. II) come to a head.

siddetta epistemologia delle scienze inesatte (O. Helmer e N. Rescher). L'idea era che alla base del metodo fosse il procedimento induttivo che parte dal nulla e per successive aggregazioni forma la legge generale (opinione valida). Questa rappresentazione banalizzata si è scontrata però con troppe circostanze, rivelate dalle applicazioni stesse; in certi casi appariva più fedele la descrizione che contemplava uno scontro di teorie, oppure un confronto tra una ipotesi e i dati empirici. Il risultato è che oggi i sostenitori del metodo accettano indifferentemente tutte queste descrizioni come compatibili con, o fondanti il metodo stesso, nelle diverse circostanze, a seconda della natura dei problemi. Vedono anzi un segno della sua fecondità nel fatto che si può adattare a queste diverse descrizioni metodologiche (incluse quelle comportamentistiche, skinneriane). La discussione metodologica del cap. II è però talmente superficiale che sembra nascondere un sostanziale disinteresse, al confronto con quello che è ritenuto il problema fondamentale, cioè arrivare comunque a un accordo consensuale o a una decisione da parte di chi si affida al Delphi. E la vera radice di questa varietà di possibilità affonda per gli autori nei caratteri della società moderna, cioè in ultima analisi nella natura dei problemi trattati e degli interessi in gioco. Il carattere fondamentale di questa società post-industriale, qualificata anche come idiomergente (sintesi delle individualità), è che la realtà non è data e costrittiva, ma è costruita. Ogni partecipazione a un Delphi è una costruzione di realtà, in un quadro sociale in cui le scelte non sarebbero condizionate da dati oggettivi, in cui il futuro è plasmabile sulla base delle aspettative, le azioni non sono il risultato di conflitti ma di accordi e negoziazioni, i beni sono immessi sul mercato per rispondere ai desideri dei consumatori, e così via. Ognuno può valutare a quali settori della società, anche solo americana, si adatti questa descrizione, e quindi a quali problemi e a quali soggetti si rivolga il metodo come oggi è concepito; e non è forse tema che riguardi questa rivista. Un tema

Immediately after the first applications of the method, a few methodologists were ready to give it a pseudo-empiristic basis with a view to making it one of the pillars of a so-called epistemology of the inexact sciences (O. Helmer and N. Rescher). The idea was that the method was based on the inductive procedure which, starting from nothing, forms the general law (valid opinion) by successive additions. However, this banalized representation clashed with too many circumstances revealed by its very applications. In some cases, the description based on a clash between theories or a confrontation between a hypothesis and the empirical data seemed to be more faithful. The result is that today the supporters of the method accept all these descriptions as equally compatible with or the foundation of, the method itself, in the various circumstances and according to the nature of the problems. Indeed they consider as a sign of its fruitfulness the fact that it can be adapted to these various methodological descriptions (including the Skinnerian, behavioristic ones). The methodological discussion in Ch. II is, however, so superficial that it seems to conceal a basic lack of interest, as compared to what is considered to be the basic problem, i.e. to reach mutual agreement or arrive at a decision by the very fact of using the Delphi method. The true root of this variety of possibilities, according to the authors, lies in the nature of modern society, i.e. ultimately in the nature of the problems treated and the interests at stake. The basic nature of this post-industrial society, also defined as idiomergent (synthesis of individualities) is that reality is not given but constructed. Each Delphi participation is a construction of reality in a social context in which choices are supposedly not conditioned by objective data, in which the future is modifiable on the strength of the expectations, actions are not the result of conflict but of agreements and negotiations, goods are placed on the market to satisfy the consumers' desires, and so on. Everyone can see which sectors of society, albeit only American society,

che riguarda sicuramente anche questa rivista è tuttavia quello più generale in cui si inquadra il metodo Delphi, quello della formazione delle decisioni in una società con molteplici articolazioni (ad esempio decisioni riguardanti la programmazione dello sviluppo tecnologico e scientifico) e quello della circolazione delle informazioni, quindi anche di informazioni scientifiche, all'interno della stessa. Il metodo Delphi conferma che non appare desiderabile, a coloro per cui il metodo funziona, l'elaborazione di strumenti di maggiore informazione e più ampia partecipazione, mentre si rivelano efficaci tecniche palesemente limitate, e ingenue nel loro sforzo di partorire faticosamente un accordo di interessi sostanzialmente convergenti. Da una parte queste tecniche non appaiono adeguate a un reale controllo, né soltanto alla previsione, dei processi di fondo della società che potrebbero, forse, essere meglio descritti nell'ambito della teoria delle catastrofi di R. Thom; nello stesso tempo, se metodi così sofisticati sono effettivamente necessari per risultati che si sarebbe portati a ritenere facili, una volta assicurata la circolazione e lo scambio delle informazioni rilevanti, si vede la gravità dei problemi posti dal soddisfacimento di questa condizione.

Un secondo tema suggerito dal Delphi è una specializzazione del primo, in riferimento a un settore delimitato, quello della ricerca scientifica. Le applicazioni del Delphi che più si avvicinano al campo scientifico riguardano le previsioni di sviluppo tecnologico, e sono piuttosto scontate. Sarebbe interessante, pur con tutte le sue limitazioni, un esperimento che mettesse una comunità scientifica di fronte a delle aspettative espresse da altri settori della società e valutasse e favorisse le reazioni di accettazione o di rifiuto o di impotenza da parte degli scienziati.

this description fits, and thus which problems and subjects lie within the scope of the method as it is conceived today; this is perhaps not an issue that concerns this journal. One issue that does concern also this review is, however, a more general one of which the Delphi method is only a part, i.e. decision-making in a highly complex society (e.g. decisions concerning the planning of technological and scientific development) and that of the circulation of information, including scientific information, within this society. The Delphi method confirms that it does not appear desirable to those for whom the method works to build up instruments capable of handling greater information and wider participation, where techniques that are obviously limited and naive in their efforts to painfully engender an agreement between already basically converging interests are found to be effective. On the one hand these techniques do not appear to be sufficient for a real control over, or even the prediction of, the basic processes of society which could perhaps be better described by R. Thom's theory of catastrophes. At the same time if such sophisticated methods are actually necessary to obtain results that one would expect to come out easily the difficulty to improve circulation and exchange of information becomes apparent. A second issue suggested by Delphi is a specialisation of the first in relation to a very restricted sector, i.e. scientific research. The applications of Delphi that are closest to the scientific field are those related to forecasting technological development and are rather obvious. In spite of all its limitations, it would be interesting to carry out an experiment that confronted a scientific community with the expectations expressed by other sectors of society and evaluated and favoured the reactions of acceptation or refusal or impotence on the part of the scientists.

GIUSEPPE GEYMONAT - GABRIELE LOLLI

HUANG, T. S. (ed.)

Picture Processing and Digital Filtering

Series: Topics in Applied Physics, Vol. 6
Springer-Verlag, Berlin, 1975
XIII+289 pp., figs. and plates, DM 79,80

Questo sesto volume della collana, che la Springer-Verlag dedica alla Fisica Applicata, è composto da una serie di articoli di rassegna coordinati da T. S. Huang. Il tema di fondo, che lega fra loro le varie monografie, può essere ravvisato nel problema della manipolazione di segnali pluridimensionali.
Esempi di siffatti segnali sono dati dalle immagini della televisione o da quelle impresse sulle lastre per raggi-X usate dai medici, o ancora dalla registrazione dei dati geologici e sismici ecc. Più esattamente potremmo dire che l'obiettivo principale dell'opera consiste nell'esaminare ed esporre le varie tecniche in uso per migliorare le immagini e superare la loro naturale degradazione dovuta a vari possibili tipi di disturbo o rumore.
Dopo una interessante introduzione del coordinatore T. S. Huang, si ha una breve monografia di H. C. Andrews sulle trasformate bidimensionali che costituiscono un'indispensabile strumento matematico per questo tipo di analisi; seguono, quindi, due articoli sui filtri bidimensionali. La quarta monografia è dovuta a B. R. Frieden ed è dedicata al problema della manipolazione delle immagini ottiche. Questo articolo, che è anche il più esteso, affronta esplicitamente quello che è il tema centrale di tutto il volume, ossia il problema della ricostruzione degli oggetti a partire dalle loro immagini. Il volume si chiude, infine, con un lavoro di F. C. Billingsley sull'effetto del rumore nella manipolazione dei segnali.
Come abbiamo detto si tratta di lavori di rassegna, scritti da autorevoli scienziati, che sono spesso protagonisti di primo piano in questo tipo di ricerca; si tratta quindi di lavori che presentano una bibliografia molto ricca ed aggiornata sino al 1975 e costitui-

This sixth volume in the Springer-Verlag's Applied Physics series comprises a series of review articles edited by T. S. Huang. The basic theme linking the various monographs may be considered as the problem of manipulating pluridimensional signals.
Examples of these signals are television images or those impressed on the X-ray plates used by doctors, or again the recording of geological and seismic data, etc. More precisely, the main objective of the work may be said to be the examination and description of the various techniques used to improve the images and prevent their natural degradation under the influence of various kinds of noise or disturbance.

The interesting introduction by the editor is followed by a short monograph by H. C. Andrews on two-dimensional transforms, which are an indispensable mathematical tool for this type of analysis; then come two articles on two-dimensional filters. The fourth monograph is by B. R. Frieden and deals with the manipulation of optical images. This is at the same time the longest article and deals explicitly with the central theme of the whole book, i.e. the problem of the reconstruction of objects starting from their images. The book is concluded by an article by B. C. Billingsley on the effect of noise on signal manipulation.

As we have mentioned these are survey articles written by leading scientists who are often in the forefront of this type of research. These works are thus accompanied by a very extensive bibliography, up-dated to 1975, and provide an indispensable tool for workers in this field. In addition, the volume is evidently meant for specialists,

scono perciò un indispensabile strumento di lavoro per i ricercatori interessati a questo settore. Possiamo aggiungere che il volume è chiaramente indirizzato agli addetti ai lavori, e ciò va a discapito della leggibilità e soprattutto dell'eleganza di taluni articoli. I problemi affrontati in questo volume interessano varie discipline come l'ottica, l'elettronica, la teoria dell'informazione, il calcolo numerico e la matematica in generale. Ci pare interessante osservare come la fusione interdisciplinare, che in questo caso è indispensabile, non sia realizzata in modo del tutto soddisfacente. Questa critica non va, però, rivolta né al curatore dell'opera né ai vari autori che hanno scritto gli articoli di cui si è parlato prima, ma, a nostro parere, è una reale carenza di questo settore di ricerca. Al fine di esemplificare più chiaramente questo punto, ricordiamo come la questione della 'stabilità' sia un punto essenziale in ogni problema di estrazione di informazione da dati sperimentali. Del resto i problemi di ricostruzione dai dati possono essere interpretati come 'problemi - inversi' in senso generalizzato, ossia come problemi in cui si tenta di ricostruire la 'causa' a partire dai suoi effetti. Orbene nei problemi inversi si ha, in generale, una mancanza di continuità della soluzione dai dati, ossia si ha 'instabilità'. Ora i matematici stanno affrontando il problema della instabilità nel senso specificato sopra, ma la loro teoria non è ancora sufficientemente flessibile da poter essere facilmente applicata ai problemi della tecnica che per altro sono spesso ignorati dai matematici; nel contempo i tecnici incontrano spesso, e specificatamente nel problema della manipolazione dei segnali, problemi di instabilità, ma il modo in cui essi affrontano queste difficoltà è ancora estremamente empirico e talora rozzo. In altre parole si ravvisa, anche in questo settore, una separazione quanto mai nociva fra la matematica pura e quella applicata alla fisica ed alla tecnologia. Se pensiamo come l'attuale sviluppo della tecnica e della scienza ci fornisca una enorme messe di dati, che vanno dalle immagini trasmesseci dai satelliti alle radiografie mediche, possiamo

to the detriment of its readability and especially the elegance of some articles.

The problems tackled affect a number of disciplines, such as optics, electronics, information theory, numerical calculus and mathematics in general. It is interesting to note how the interdisciplinary mingling, in this case indispensable, is not achieved here in an entirely satisfactory way. This criticism is not addressed to the editor or the various authors of the articles but is indicative, in my opinion, of an actual deficiency in this research sector.

To bring out this point more clearly, let us take the example of 'stability' which is an essential point in any problem involving the extraction of information from experimental data. Moreover, problems of reconstruction from data may be considered as 'inverse problems' in a general sense, i.e. as problems in which an attempt is made to reconstruct the 'cause' starting off from its effects. In inverse problems, in general, there is a lack of continuity in data flow, i.e. there is 'instability'. Mathematicians are now engaged in tackling the problem of instability in the sense specified above, but their theory is still not flexible enough to be easily applied to technological problems which, in any case, are often ignored by mathematicians. At the same time, technologists often run up against problems of instability, particularly as regards the problem of signal manipulation, but they can still only deal with them in an empirical and often rough-and-ready way.

In other words, also in this sector we are up against an extremely detrimental separation between pure mathematics and mathematics applied to physics and technology. If it is considered how current developments in technology and science are supplying us with huge quantities of data, ranging from images transmitted by satellite to medical X-rays, it is easy to see how vital it is to effect an adequate and flexible mathematical elaboration for the purpose of extracting the

facilmente capire come sia indispensabile una elaborazione matematica adeguata e flessibile al fine di estrarre in modo corretto l'informazione contenuta nei dati. A nostro parere questo è un settore della matematica applicata quanto mai promettente ed in cui molto lavoro deve ancora essere portato avanti.

information contained in the data correctly. I believe this to be an extremely promising sector of applied mathematics and one in which much work remains to be done.

GIANALBERTO VIANO

SONA A. (ed.)

Lasers and their Applications

Gordon and Breach Science Publishers Ltd., London, 1976
XIV+629 pp., figs., £23.90

Lasers and their Applications fu il corso tenuto al Centro Internazionale di Cultura Scientifica 'Ettore Majorana' dal 31 Maggio al 13 Giugno 1970 in Erice, Sicilia.
Questo volume riporta i cosiddetti 'proceedings' di quel corso: ossia i capitoli sono il contenuto dei gruppi di lezioni tenute dai vari docenti. La prima parte del volume descrive con il linguaggio della 'prima quantizzazione' l'interazione radiazione materia all'interno di una cavità.
Numerosi sono i riferimenti ad esempi classici che arricchiscono e facilitano la comprensione dell'argomento.
Dei vari tipi di Laser, a semiconduttore, a gas, a stato solido, a liquidi organici, è fatto il punto sullo 'stato dell'Arte'; ossia sulla situazione della ricerca che attualmente si può presumere sia nei principali laboratori. Questi capitoli sono densi di dati sulle caratteristiche significative di tali sorgenti delle quali vengono illustrati anche gli aspetti ingegnereschi.
La seconda parte tratta delle applicazioni delle sorgenti Lasers: olografia, trasporto di informazione mediante radiazione coerente, telemetria, applicazioni in medicina, informazione di un mezzo turbolento, ad esempio l'atmosfera, dalla diffusione di luce Laser in esso incidente.
Sono questi tanti capitoli di Fisica che hanno problematiche ben definite, di gran

Lasers and their Applications is the title of a course held at the 'Ettore Majorana' International Centre of Scientific Culture from May 31 to June 13 1970 in Erice, Sicily.
This book contains the 'proceedings' of the course, i.e. the various chapters comprise the contents of the groups of lessons held by the various lecturers. The first part of the volume describes in 'first quantization' language the interaction between radiation and matter in a cavity.
There are numerous references to classical examples which enrich and facilitate our understanding of the subject.
A survey is made of the various types of laser, semi-conductor, gas, solid state and organic liquid — i.e. of the current research situation as it supposedly exists in the main laboratories.
These chapters are filled with data on the significant characteristics of these sources and also their engineering aspects are illustrated.
The second part deals with laser source applications: holography, information transport by means of coherent radiation, telemetry, medical applications, information on turbulent media, e.g. the atmosphere, by the diffusion of incident laser light.
These several topics in Physics are connected with well defined problems of great interest

interesse da un punto di vista fondamentale e applicativo.
Va subito detto che ogni autore dedica sempre la prima parte all'introduzione del tema e del relativo linguaggio.
Si veda il capitolo dedicato all'Olografia che inizia con una chiara sintesi della teoria della diffrazione; il capitolo dedicato ai processi di informazione per via ottica che illustra le equazioni base della teoria dei sistemi ottici.
Con la relazione sull'impiego del Laser in chirurgia, impiego che va sempre più affermandosi, abbiamo l'esempio più significativo dell'aspetto interdisciplinare del corso e quindi del volume.
Richiamerei l'attenzione sul capitolo '*Quantum optics and Photon statistics*'; non è un'applicazione; è un capitolo che presenta un esempio in cui il linguaggio della seconda quantizzazione risulta particolarmente idoneo e la distinzione tra radiazione termica e Laser viene evidenziata attraverso il conteggio fotonico delle due radiazioni.
Vengono definite l'Ottica Quantistica e l'Elettronica Quantistica; capitoli recenti del vasto campo speculativo e di ricerca che è la Fisica Quantistica.
Da notare in questo libro la bibliografia: aggiornata e vasta e questa informazione per lo studioso che volesse occuparsi di un argomento specifico è indispensabile.
Il volume è decisamente consigliabile a chi, avendo un certo bagaglio scientifico di livello universitario, intende acquisire informazioni base sui Laser e su alcune specifiche applicazioni.

from the theoretical and applied standpoints.
The author always devotes the first part to the introduction of the subject and to the relevant language.
Of special interest are the chapters on holography, which begins with a clear outline of diffraction theory, and the one on optical path information processes, in which the basic equations of the theory of optical systems is illustrated. The report on the ever-increasing use of lasers in surgery is the most significant example of the interdisciplinary nature of the course and thus of the book. Also of interest is the chapter '*Quantum optics and Photon statistics*'. This is not an application but a chapter presenting an example in which the language of the second quantisation is found to be particularly suitable and the distinction between thermal radiation and laser is demonstrated by means of the photon count of the two radiations.
A definition is given of quantum optics and quantum electronics, two recent branches of the vast field of speculation and research comprising quantum physics.

The book is provided with an extensive, up-to-date bibliography which contains indispensable information for the worker interested in a specific subject. The book can be highly recommended to those possessing an adequate university level scientific training who need basic information on Lasers and some of their specific applications.

CARLO PONTIGGIA

MAMIANI, M.

Isaac Newton filosofo della natura

Le lezioni giovanili di ottica e la genesi del metodo newtoniano

La Nuova Italia, Firenze, 1976
320 pp., L. 8.000

Ponendosi nella linea storica avviata dal Koiré, caratterizzata dalla ricerca del nesso tra pensiero filosofico e scientifico, l'autore di questo ampio saggio copre una lacuna nel campo degli studi newtoniani. Le due versioni a noi pervenute delle lezioni giovanili sull'ottica di Newton, infatti, sono state generalmente o ignorate (il MS Add. 4002) o trascurate (il MS Dd. 9. 67) dagli studiosi. Mamiani mostra che proprio queste opere giovanili conservano intatte l'*iter* sperimentale e teorico seguito da Newton. L'autore del saggio inizia con una analisi concettuale soprattutto del primo manoscritto citato, in cui più emergono le influenze, sia in negativo che in positivo, delle nuove correnti filosofiche del '600, accanto al ripudio delle tramontanti concezioni scolastiche (cap. I e II della Prima parte).
L'analisi dei motivi filosofici non è mai disgiunta dal concreto contesto scientifico e sperimentale, che viene anzi definito nella sua genesi non casuale: si veda, ad esempio, il rinvenimento del primo modello del famoso *experimentum crucis* non tanto come apparato, ma come risultato di una consapevole metodologia conoscitiva (pp. 121-130). Dal punto di vista dello storico della scienza e del pensiero, il saggio di Mamiani è inoltre molto apprezzabile per la ricostruzione puntuale della linea teorica che regge l'intero apparato sperimentale di Newton: « Ben lontano dal compiere esperimenti in maniera rapsodica, Newton segue da una prova all'altra una linea teorica sicura e ben definita che lo porta ad approfondire via via la materia già esposta, a scoprire controprove e conferme, a imbattersi in scoperte forse insperate » (p. 120).
La sequenza degli esperimenti newtoniani

The author of this detailed essay is a follower of the way started by Koiré, and characterized by the research of the connection between philosophic and scientific thought. The essay covers a gap in the field of Newtonian studies. The two versions we have of Newton's early lessons on optics, in fact, have been generally either ignored (the Ms. Add. 4002) or left aside (Ms. Dd. 9. 67) by scholars. Mamiani shows that these very early works have retained intact the experimental and theoretical *iter* followed by Newton. The author begins with a conceptual analysis, especially of the first manuscript we have mentioned, in which emerge mostly the negative and positive influences of the new philosophic currents of the C17th, side by side with the rejection of the fading scholastic conceptions. The analysis of the philosophic motives is never separated from the concrete scientific and experimental context. This is on the contrary defined in its non-casual genesis: see for example the finding of the first model of the famous *experimentum crucis* not so much as an apparatus, but as a result of a conscious cognitive methodology (pp. 121-130). From the point of view of an historian of scientific thought, Mamiani's essay is moreover very appreciable for the accurate reconstruction of the theoretical line which sustains Newton's entire experimental apparatus. « Far from accomplishing experiments in a rapsodic manner, Newton follows a very definite theoretic line from one trial to the other, and this leads him to deepen along the way the subject already exposed, to discover counterproofs and confirmations, to come across discoveries unhoped for » (p. 120). The sequence of Newtonian

di ottica, a partire da quello del prisma, viene così rigorosamente inserita in un lavorìo critico del pensiero, che la vecchia storiografia scientifica non faceva emergere. La seconda parte del saggio mostra, anche attraverso la *Correspondence*, come l'indagine sui colori abbia suggerito la metodologia finale di Newton, quella, per intenderci, applicata nei *Principia*. Già in una lettera a Oldenburg del 23 giugno 1673, Newton aveva proposto princìpi matematici per la sua teoria dei colori, in modo da correggere i fraintendimenti di Huyghens. Assai interessante è il confronto di questo primo abbozzo metodologico con la stesura definitiva, di molto posteriore, dell'*Opticks* (pp. 206-207 e pp. 209-210). Ma il risultato più rilevante della ricerca di Mamiani, partita dalle opere giovanili di Newton, si ottiene nella compiuta motivazione della struttura assiomatica dei *Principia*. Le note definizioni e i noti assiomi (le leggi del moto) vengono colti nella loro genesi interna connessa alla metodologia di cui si era, in precedenza, studiata l'elaborazione critica. La struttura di questa assiomatizzazione può persino essere rappresentata graficamente nelle sue interrelazioni (n. 32, p. 259). Il saggio in questione mentre assolve il compito storico di stabilire che cosa abbia veramente detto Newton, ripropone anche numerosi quesiti mal posti o occultati dal successivo sviluppo della fisica come scienza particolare: così il problema dello spazio e del tempo assoluti e quello connesso del moto vero (con l'esperimento della secchia sospesa, pp. 272-274) ricevono una soluzione del tutto convincente nel contesto newtoniano, rivelando le imprecisioni storiografiche di alcune famose critiche, come quella machiana, e la fecondità a tutt'oggi del pensiero newtoniano per la comprensione critica dei problemi scientifici anche nel mondo contemporaneo.

Restano da sottolineare nel saggio di Mamiani la correttezza filologica e la cura nella traduzione dei testi, molti dei quali appaiono per la prima volta in italiano e altri sono restituiti a una versione finalmente corretta; l'abbondanza della letteratura critica uti-

experiments in optics, beginning with the one of the prism, is thus rigorously inserted in Newton's line of thought, which the old scientific historiography did not allow to emerge. The second part of the essay shows even through the *Correspondence* how investigation on colours might have suggested Newton's final methodology, the one applied in the *Principia*. Already in a letter to Oldenburg of June 23, 1673, Newton had proposed mathematical principles for his theory of colours, in order to correct the misunderstandings of Huyghens. It is very interesting to compare this first rough draught on methodological matters to the final draught, of the *Opticks* (pp. 206-207, 209-210). But the most relevant result of Mamiani's research, initiated by the early works of Newton, is obtained in the accomplished motivation of the axiomatic structure of the *Principia*. The well known definitions and axioms (laws of motion) are gathered in their internal genesis and connected to the methodology of which the critical elaboration had been previously studied. The structure of this axiomatisation can be even represented graphically in its interrelations (n. 32, p. 259). The essay in question, while it absolves the historical endeavour to establish what Newton really said, it reproposes also many questions badly posed or concealed by the subsequent development of physics as a specific science. So the problem of absolute space and time, and the connected one of true motion (with the experiment of the suspended pail, pp. 272-274) receive an absolutely convincing solution in a Newtonian context. It also reveals the historiographic inaccuracies of some very famous critics, like the machian one, and the fruitfulness of the Newtonian thought for a critical comprehension of the scientific problems still today. In Mamiani's essay we should finally underline the philological accuracy and the care taken in the translation of the texts, many of which are appearing for the first time in Italian, and others are finally rendered in a correct version; the abundance of the critical literature

lizzata; la puntualità dei richiami storici ad Aristotele, Bacone, Barrow, Boyle, Galileo ecc., che non costituiscono mai riferimenti estrinseci, ma fonti di primaria importanza per la comprensione dell'itinerario newtoniano verso la scienza.

used; the accuracy of the historical quotations from Aristotle, Bacon, Barrow, Boyle, Galileo etc. which never are extrinsic references, but sources of primary importance for the understanding of the Newtonian itinerary towards science.

BRUNO CARAZZA

DITCHBURN, R.W.

Light, *Vols. 1 and 2*

Academic Press, London, 1976
xx+504 pp., and xvi+312 pp., tables,
£6.80 each volume

Il Prof. R. W. Ditchburn è noto per vari motivi. Uno di questi ci è particolarmente familiare, perché riguarda la visione: egli ha infatti messo a punto un delicatissimo dispositivo, basato sull'applicazione di uno specchietto su una lente a contatto, che consente di eliminare l'effetto del micromovimento (in particolare, una vibrazione di pochi primi di arco e di frequenza dell'ordine di 50 Hz), che anima incessantemente il bulbo oculare. In assenza di questo movimento, l'immagine retinica svanisce (*fading*). I risultati di esperienze di questo tipo sono stati inseriti nel quadro della teoria delle informazioni. Citiamo questo importante aspetto dell'attività di Ditchburn, perché crediamo che i lettori dei due volumi di *Light* ne cercheranno inevitabilmente le tracce nei capitoli dedicati ai rivelatori fisici ed all'occhio in particolare. In realtà gli accenni ci sono, ma ridotti ai minimi termini.
Vediamo qui il Ditchburn Professore Universitario nella facoltà di Fisica che, con l'eleganza ed il rigore tipico degli anglosassoni, aggiorna la terza edizione di quello che possiamo definire un suo 'classico' (la prima edizione uscì nel 1963). Vengono ampliati i capitoli dedicati agli strati sottili, ai laser, all'olografia, alle fibre ottiche, alle guide d'onda, e viene aggiunto materiale sull'ottica non lineare, sugli impulsi

Prof. Ditchburn is well-known for a number of reasons. One of these we are quite familiar with as it concerns vision. He has, in fact, succeeded in developing a very sensitive device based on the application of a tiny mirror to a contact lens that eliminates micromovement effect (in particular, a vibration of only a few arc seconds with a frequency in the order of 50 Hz) which animates the eyeball incessantly. In the absence of this movement, the retinal image fades out. The results of this type of experiment have been interpreted in the frame of information theory. The aspect of Ditchburn's activity is important as the readers of the two volumes of *Light* will inevitably look for traces of it in the chapters on physical detectors and on the eye in particular. It is actually mentioned, but only very briefly. Here we find Ditchburn as professor in the faculty of Physics with all the elegance and rigour typical of the Anglo-Saxons, updating the third edition of what could be termed his 'classic' (the first edition appeared in 1973). He has now extended the chapters on thin layers, lasers, holography optical fibres, wave guides, and provided extra material on non-linear optics, pico-second impulses and modern interferometry. The first volume is propedeutic in nature and forms the basic course for students of optical physics

pico-secondo, sull'interferometria moderna. Il primo volume ha carattere propedeutico, ed è il corso base per gli studenti di ottica fisica, e per chi vuole dedicarsi all'ingegneria ottica, dall'ottica geometrica agli strumenti ottici standard. Il trattamento coinvolge interferenza, diffrazione, polarizzazione. Il secondo volume introduce nella teoria elettromagnetica della radiazione, nella teoria quantistica, nell'interazione fra radiazione e materia. Un capitolo è anche dedicato alle limitazioni di cui soffrono gli strumenti ottici che devono fornire informazione non accessibile altrimenti.
Il merito del Prof. Ditchburn è duplice: una chiara e rigorosa esposizione, accompagnata da una logica stringente, ed una sequenza di nozioni più disparate. Egli accenna a temi di ricerca di avanguardia, valida guida ed orientamento per i giovani.

and those taking up optical engineering, from optical geometry to standard optical instruments. The treatment includes interference, diffraction and polarization. The second volume introduces the electromagnetic theory of radiation, quantum theory, and the interaction between radiation and matter. One chapter is also devoted to the limitations of optical instruments supplying otherwise unavailable information.
Prof. Ditchburn's merit is two-fold: a clear and rigorous approach accompanied by a stringent logic and a very satisfactory succession of notions. He outlines advanced research aims in a valid guide and orientation for young people.

LUCIA ROSITANI RONCHI

ZIKMUND, V. (ed.)

The Oculomotor System and Brain Functions

Butterworths, London, 1973
524 pp., tables, £9.95

Questo volume racchiude i rendiconti di un Colloquio Internazionale, tenutosi a Smolenice (Cecoslovacchia) dal 19 al 22 Ottobre 1970; vide la luce nel 1973, e ci è pervenuto alla fine del 1976. Credevamo di trovarlo interessante come documento, e siamo invece rimasti sorpresi dalla freschezza del suo contenuto. Più di cinquanta relatori, molti dei quali grossi nomi, rappresentanti delle scuole più combattive, hanno affrontato un tema complesso: l'attività oculomotoria nel quadro delle funzioni cerebrali. Basta scorrere l'indice per rendersi conto delle difficoltà che V. Zikmund ha dovuto affrontare in qualità di 'editore'. Nel primo capitolo, che tratta i principi neurofisiologici della regolazione oculo-motoria, troviamo Jeannerod, che discute i segnali non retinici che raggiungono i centri visivi su-

This volume contains the proceedings of an International Symposium held at Smolenice (Czechoslovakia) from 19th to 20th October 1970. It first appeared in 1973 and arrived in this country at the end of 1976. We thought its main interest would be as a document but were surprised by the freshness of the contents. More than fifty contributors, many of whom are big names, representing the most combative schools, have tackled a complex issue — oculomotor activity in the context of brain functions. A glance at the index is enough to realize the difficulties facing the editor V. Zikmund. In the first chapter, on the neurophysiological principles of oculomotor regulation, we find Jeannerod discussing non-retinal signals reaching the upper visual centres; Straschill treating the role of the tectum in eye

periori; Straschill, che tratta il ruolo del tetto nei confronti dei movimenti oculari; Aschoff, che, con Kornhuber, indaga sul ruolo del cervelletto; Westheimer, impegnato nella disamina dei movimenti saccadici; Bach-y-Rita, intento a discriminare i meccanismi responsabili dei movimenti oculari lenti da quelli dei movimenti rapidi. Il secondo capitolo, intitolato « Neurofisiologia Clinica », è animato dai contributi di grossi calibri, quali Morton, Cobb, Lesèvre, Rémond, Vaughan, Ciganek, Mulholland, ed altri. Viene affrontato il problema della motilità dal punto di vista del potenziale corticale evocato, della soppressione, della sommazione binoculare. Il terzo capitolo inserisce la motilità oculare nel quadro della percezione visiva, con Festinger, che tratta i movimenti volontari, Evans e Ditchburn, con la stabilizzazione retinica, ed altri. Nel quarto capitolo viene trattato il nistagmo optocinetico. I relatori, da Dichgans a Zikmund, fanno il punto sulla situazione, discutendo il legame fra nistagmo optocinetico, attenzione, vigilanza e memoria. Il quinto capitolo attira anche il lettore meno addentro al problema oculomotorio, per il suo carattere avveniristico: sonno, sogni, immagine visiva evocata, allucinazioni. Il sesto capitolo tratta, infine, la relazione fra meccanismi posturali e sistema oculomotore. Leggiamo nella prefazione del volume una constatazione che condividiamo pienamente: « stiamo assistendo all'esplosione di un *boom* della ricerca sul sistema oculomotore ». L'affinamento delle tecniche elettro-fisiologiche ha reso possibile una pianificazione della ricerca approfondita sulla relazione fra motilità oculare e funzioni cerebrali. Squadre di specialisti sono al lavoro. Ma il tema è tanto avvincente quanto complesso, ed a carattere tipicamente interdisciplinare. Saremmo troppo ambiziosi se pretendessimo di trarre delle conclusioni; dobbiamo limitarci a considerare 'stimolanti' la ricerche sinora eseguite, e meditare su temi ancora per molto oggetto di discussione.

movements; Aschoff together with Kornhuber investigating the role of the cerebellum; Westheimer examining saccadic movements; Bach-y-Rita intent on distinguishing the mechanisms responsible for slow eye movements from those responsible for rapid ones. The second chapter, entitled « Clinical Neurophysiology », has received the contributions of big names like Morton, Cobb, Lesèvre, Rémond, Vaughan, Ciganek, Mulholland, and others. It tackles the problem of motility from the standpoint of the evoked cortical potential suppression and binocular summation. The third chapter situates ocular motility in the framework of visual perception with Festinger dealing with voluntary movements, Evans and Ditchburn with retinal stability, and others. Chapter four is on optokinetic nystagmus. The contributors, ranging from Dichgans to Zikmund, give a survey of the current situation, discussing the link between optokinetic nystagmus, attention, alertness and memory. The fifth chapter will be found interesting even by the reader less informed on oculomotor problems because of its futuristic slant: sleep, dreams, evoked visual image, hallucinations. Chapter six is on the relations between postural mechanisms and oculomotor system.

The book's preface contains a phrase with which we fully concur: « we are witnessing a boom in research on the oculomotor system ». The refinement of electro-physiological techniques has made it possible to plan detailed research on the relations between ocular motility and cerebral functions. Teams of specialistis are now at work. However, this fascinating but complex subject is exquisitely interdisciplinary in nature. It would be too ambitious to claim that any conclusions can yet be drawn. The research carried out so far can only be considered 'stimulating' and we can only ponder these issues which will continue to be debated for a long time to come.

LUCIA ROSITANI RONCHI

*** *Physics of Quantum Electronics*

Laser Induced Fusion and X-ray Laser Studies, Vol. 3
Laser Photochemistry, Tunable Laser and Other Topics, Vol. 4
Addison Wesley Publishing Company, Reading, 1976
XII+668 pp., and XII+470 pp., tables, $27.50 and $23.50 respectively

Dalla prima realizzazione del 1960 i lasers hanno conosciuto alterne fasi di interesse. All'iniziale fervore di ricerche è subentrato un periodo di riconsiderazione, in cui sono stati precisati i limiti applicativi degli strumenti esistenti e si sono evidenziati nuovi campi di interesse possibili.
Il laser è diventato sempre più uno strumento che deve essere adattato in funzione del suo campo di applicazione.
Gli ultimi sviluppi nelle applicazioni dei lasers ed in generale nell'elettronica quantistica sono oggetto di una serie di scuole estive negli Stati Uniti. Questi due volumi riportano le lezioni tenute nella seconda scuola, tenuta nel 1975 a Santa Fé (New Mexico).
Il primo argomento esaminato è l'intervento dei lasers nel processo di fusione per produrre energia. È questo un processo alternativo a quello comunemente proposto a contenimento magnetico, che non va certo sottovalutato. Sono presentate considerazioni teoriche, lo stato di avanzamento delle ricerche in alcuni importanti laboratori statunitensi e quali lasers appaiono più promettenti in questa prospettiva.
La possibilità di ottenere sorgenti coerenti di raggi X è stata oggetto di un gran numero di ricerche, ma poco è stato pubblicato. Alcuni risultati delle ricerche sono riportati.
Un altro campo di applicazione del laser è nelle separazioni isotopiche, specialmente per il processo di fissione nucleare ad alimentazione; è infatti possibile pensare di ridurre fortemente i costi di investimento per gli impianti di separazione, ora a diffusione gassosa. I metodi di separazione

Since their invention in 1960 the interest in lasers has had its ups and downs. The initial spate of enthusiastic research was followed by a period of reflection during which the applicational limits of existing instruments were ascertained and possible new fields of interest discovered. The laser has, to an increasing degree, become an instrument that must be adapted to its field of application.
The latest developments in laser applications, and in quantum electronics in general, have been dealt with in a series of Summer Schools held in the USA. These two volumes contain the lectures given in the second course, held at Santa Fé (New Mexico) in 1975.
The first subject dealt with is the effect of lasers on the fusion process to produce energy. This process is an alternative to the commonly proposed one of magnetic containment and must not be underestimated. A number of theoretical considerations are presented, together with the present state of research in a few important US laboratories and which lasers seem more promising in this context.
The possibility of obtaining coherent X-ray sources has been the object of much research but very little has been published. A few research results are presented.
Another field of laser application is that of isotope separation, especially in the feeding nuclear fission process. It is conceivable that a large reduction in the investment costs of separation plant, now of the gas diffusion type, can be achieved. Laser separation methods and experimental studies

con il laser e studi sperimentali sono oggetto di rassegna, così come le applicazioni e le connessioni con la fisica nucleare.
La possibilità di disporre di sorgenti di luce coerente a frequenza variabile con relativa continuità può permettere certamente una maggiore applicazione dei lasers in chimica.
Una serie di articoli esamina lasers di questo tipo, utilizzati nella separazione isotopica, arrivando anche a dare dettagliate istruzioni per la costruzione di un laser di costo limitatissimo e di facile utilizzazione.
Argomenti specifici sia applicativi, nel campo dello scattering di radiazione e della spettroscopia, che teorici sono oggetto degli ultimi capitoli.
I due volumi, oltre che indispensabili a coloro che operano nel campo, risultano interessanti anche a tutti coloro che possono aver bisogno dei lasers, nei loro esperimenti o nei processi applicativi, come sorgenti coerenti di radiazione anche molto intense.

are reviewed together with applications and links with nuclear physics. The chance of having sources of coherent, variable-frequency light and related continuity will certainly increase the applications of lasers in chemistry. A series of articles examines this type of laser, which is used in isotope separation, and even gives detailed instructions for the construction of a very cheap, easy-to-use laser.
The last chapters deal with specific subjects of both applicational and theoretical interest in the field of radiation scattering and spectroscopy.
As well as being indispensable for anyone working in the field, these two books are of interest to all those needing lasers in their experimental work or in applicational processes as coherent sources of even very intense radiation.

PIETRO CAVALLOTTI

McQUILLIN, F. J.

Homogeneous Hydrogenation in Organic Chemistry

Series: Homogeneous Catalysis in Organic and Inorganic Chemistry, Vol. 1
D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 1976
VI+133 pp., Dfl. 50,—

È questo il primo volume di una serie di monografie sulla catalisi omogenea nella chimica organica ed inorganica, edita da R. Ugo.
L'idrogenazione di molecole organiche in un'unica fase è l'esempio forse più significativo di applicazione della catalisi omogenea.
Questo tipo di catalisi, sviluppatasi successivamente alla catalisi eterogenea, ha acquistato importanza sempre maggiose principalmente per due motivi:
a) perché permette di meglio capire l'inter-

This is the first of a series of monographs on homogeneous catalysis in organic and inorganic chemistry edited by R. Ugo.
The hydrogenation of organic molecules in a single phase is perhaps the most significant example of an application of homogeneous catalysis.
This type of catalysis, which was developed after heterogeneous catalysis, has continued to increase in importance for two main reasons:
a) because it enables the catalyst's action to be understood better by reducing the

vento del catalizzatore, riducendo l'effetto a interazioni solo di tipo molecolare;
b) perché si distingue per la sua selettività molto spinta e permette perciò di intervenire su centri determinati in molecole complesse.
D'altra parte vi sono difficoltà nel recupero del catalizzatore dalla fase dove è avvenuta la reazione.
I catalizzatori omogenei più utilizzati in idrogenazione sono complessi di metalli di transizione, che interagiscono con l'idrogeno formando generalmente idruri e d'altra parte sono capaci di coordinare la specie da idrogenare.
La monografia esamina dapprima meccanismi in cui può avvenire l'idrogenazione, passando successivamente a esemplificare tipiche reazioni di idrogenazione, come quelle degli alcheni, alchini, alleni, 1-3 dieni, reazioni di idrogenolisi, idrogenazione di aromatici, molecole con gruppi $=CO$, $-NO_2$, $-N=N-$, $-N=CH-$, $-F$, $-Cl$, $-Br$, $-I$, reazioni di isomerizzazione e deuterazione specifica.
L'A. ha riportato solo reazioni di interesse applicativo con catalizzatori facilmente ottenibili e di cui viene riportata la ricetta di preparazione.
In particolare viene esaminata l'influenza dei ligandi e del tipo di solvente, la possibilità di asimmetrie indotte nell'idrogenazione, l'attivazione del legame C — H negli alcani, la possibilità di supportare i complessi metallici catalizzatori in modo da assicurarne un più facile recupero.
La breve monografia è un'utile introduzione dell'idrogenazione omogenea in chimica organica, di facile consultazione, pur non trascurando i molteplici aspetti di questo tipo di reazioni.

effect to interactions exclusively of a molecular type;
b) because it is characterised by a very high selectivity which thus enables it to act on certain centres of complex molecules.
On the other hand, there are some difficulties involved in recovering the catalyst from the phase where the reaction takes place.
The homogeneous catalysts most commonly used in hydrogenation are transition metal complexes that interact with the hydrogen usually to form hydrides, but are also capable of coordinating the species to be hydrogenated.
The monograph starts off by examining mechanisms in which hydrogenation can occur and then goes on to give examples of typical hydrogenation reactions, such as those of the alkenes, alkynes, allenes, 1-3 dienes, hydrogenolysis reactions, aromatic hydrogenation, molecules with $=CO$, $-NO_2$, $-N=N-$, $-N=CH-$, $-F$, $-Cl$, $-Br$, $-I$ groups, isomerization reactions and specific deuteration.
The author has listed only reactions of applicational interest with easily obtainable catalysts whose preparation method is provided.
In particular, an examination is made of the ligands and solvent types, the possibility of asymmetries induced by hydrogenation, C — H bond activation in alkanes, the possibility of supporting metal complex catalysts so as to ensure easier recovery.
This short monograph is an easy-to-read introduction to homogeneous hydrogenation in organic chemistry which does not neglect the many facets of this type of reactions.

PIETRO CAVALLOTTI

TOWNSEND, A. A.

The Structure of Turbulent Shear Flow

Series: Cambridge Monographs on Mechanics and Applied Mathematics
Cambridge University Press, Cambridge, 1975
XII + 430 pp., tables, £15.50

È noto che esiste una velocità critica per la corrente di un fluido viscoso lungo un tubo circolare. La velocità critica separa un regime di corrente laminare stabile da un regime di corrente turbolenta, fortemente irregolare, nella quale la resistenza di corrente è considerevolmente maggiore di quella indicata dall'equazione di Poiseuille. È inoltre provato che una corrente turbolenta può trasmettere grandi tensioni tangenziali e diffondere calore e materia più rapidamente della corrispondente corrente laminare.
L'Autore, nel primo capitolo, dà una chiara descrizione della corrente turbolenta, sviluppandone la teoria, le funzioni spettro a tre e ad una dimensione, e soffermandosi sull'omogeneità e la simmetria delle correnti turbolente, di cui riporta la classificazione.
Un ampio capitolo (il 2°) è dedicato alle equazioni di moto per corrente turbolenta. L'autore si rifà alle equazioni del moto di un fluido continuo, dalle quali risale alla forma approssimata delle equazioni del moto turbolento, che gli consentono di dedurre il valor medio delle equazioni per il momento e l'energia, nonché la dissipazione di energia per viscosità.
Riassunti gli aspetti fondamentali delle correnti turbolente omogenee, l'Autore entra nel vivo del suo assunto: la corrente trasversale inomogenea. Ne delinea le principali caratteristiche, le condizioni per la generazione e la conservazione del moto principale, ecc. Passa quindi all'esame della corrente turbolenta nei tubi e nei canali, e studia, fra l'altro, la struttura vorticosa in strati in equilibrio: equilibrio con tensioni variabili, con distribuzione lineare di tensioni, con traspirazione superficiale, con

It is known that there exists a critical velocity for the flow of a viscous fluid along a circular pipe. The critical velocity separates a state of stable laminar flow from a state of highly irregular turbulent flow, in which flow resistance is much higher than that indicated by Poiseuille's equation. It has also been demonstrated that turbulent flow can transmit great tangential tensions and diffuse heat and matter more rapidly than the corresponding laminar flow.
In chapter 1 the author gives a clear description of turbulent flow, developing the theory behind it, the three and one dimensional spectral functions, and dwelling on the homogeneity and symmetry of the turbulent flows, of which he gives a classification.
A long chapter (Ch. 2) is devoted to equations of motion for turbulent flow. The author refers to the equations of motion of a continuous fluid from which he derives an approximate form for the equations of turbulent motion, which allow him to deduce the average value of the equations of momentum and energy, as well as energy dissipation due to viscosity.
After summarizing the fundamental feature of homogeneous turbulent currents, the author comes to grips with his subject matter: unhomogeneous shear flow. He gives its main characteristics, the conditions for the generation and conservation of the principal motion, etc. He then goes on to an examination of turbulent flow in pipes and canals and studies, among other things, vortex structure in layers in equilibrium: equilibrium with variable tensions, linear distribution of tensions with surface transpiration, with variable direction flow, etc. Townsend's greatest effort is made in the

corrente a direzione variabile, ecc.
L'impegno maggiore Townsend lo pone nel capitolo sulle correnti trasversali turbolente libere. Tali correnti solo limitate, almeno da un lato, da un mezzo fluido all'incirca della stessa densità, che è allo stato non turbolento e generalmente irrotazionale. L'Autore giunge alle equazioni del moto ed esamina partitamente le principali caratteristiche: distribuzioni della velocità media e dell'intensità, bilancio dell'energia cinetica turbolenta; il trascinamento dell'ambiente fluido limitante e il meccanismo dei vortici trascinati, ecc.
Una parte della trattazione è riservata al comportamento degli strati di confine e dei getti, alla convezione del calore e alle correnti turbolente con curvatura delle linee di corrente di media velocità.
Una esposizione notevole, per rigore e chiarezza, sopra argomenti irti di difficoltà.

chapter on free turbulent shear flow. This flow is only limited, at least on one side, by a fluid medium of approximately the same density, which is in a non-turbulent state and is generally irrotational. The author derives the equations of motion and examines separately the main characteristics: distribution of average velocity and intensity, turbulent kinetic energy balance, drag effect on boundary fluid environment and mechanism of dragged vortexes, etc.
A part of the treatment is about boundary layer and jet behaviour, heat convection and turbulent flow with curvature of average velocity flow lines.
An excellent presentation, in its rigour and clarity, of subjects bristling with difficulties.

PIETRO CALOI

TELFORD, W.M., GELDART, L.P., SHERIFF, R.E. and KEYS, D.A.

Applied Geophysics

Cambridge University Press, Cambridge, 1976
XVIII + 860 pp., figs. and tables, £26.00

Questo manuale di prospezione geofisica prende le mosse dalla revisione di un classico testo del 1956 (Eve and Keys, *Applied Geophysics in the Search for Minerals*), ovviamente integrata dagli sviluppi che la complessa materia ha subìto nell'ultimo ventennio.
Gli AA. dedicano un centinaio di pagine ai metodi di gravità. Accennato alle nozioni di base (legge di Newton, accelerazione di gravità, potenziale gravitazionale, gravità della Terra, figura della Terra, ...) viene affrontato il problema delle riduzioni di gravità, descritti gli strumenti di campagna (gravimetri) e il loro uso, la bilancia di torsione, le misure in mare, le interpretazioni delle registrazioni; per passare quindi agli

This handbook of geophysical prospecting is based on a revision of a classical 1956 book (Eve and Keys, *Applied Geophysics in the Search for Minerals*) and of course is completed by the developments this complex subject has undergone over the last twenty years.
The authors have devoted a hundred or so pages to gravity methods. After outlining the basic concepts (Newton's law, acceleration due to gravity, gravitational potential, Earth's gravity, Earth's figure...) they approach the problem of gravity reduction and give a description of (gravimetric) field instruments and their use, the torsion balance, measurements at sea, interpreting recorded material. They then

effetti di gravità di forme semplici e complesse, gli eccessi di massa, ecc.
I metodi magnetici sono pure riassunti in un centinaio di pagine. Precedono le definizioni e le teorie di base, il concetto di magnetismo terrestre, il campo magnetico principale ed esterno, per passare alle anomalie locali, e quindi ai magnetometri in generale, al loro uso, alle campagne magnetiche, alle interpretazioni, agli effetti magnetici di forme semplici, ecc.
I metodi sismici richiedono agli AA. oltre 200 pagine. Precede una breve storia delle prospezioni sismiche. Si accenna quindi alla teoria dell'elasticità, che consente di giungere alle equazioni del moto per onde longitudinali e per onde trasversali. Seguono la geometria del tragitto dell'onda sismica; si considerano i casi di riflessione, rifrazione, diffrazione, tragitti multipli, nonché le onde superficiali. Si passa in rassegna la strumentazione per misure di campagna, si confrontano i metodi a riflessione e a rifrazione, e ci si sofferma a lungo sui nuovi metodi a riflessione, con procedimenti a canali multipli, al filtraggio delle frequenze e all'interpretazione delle riflessioni e delle rifrazioni, ai fini della ricerca geologica.
Un capitolo è riservato alle proprietà elettriche delle rocce (potenziali elettrici, conduttività elettrica, permeabilità elettrica, ecc.); seguito da un altro in cui si esaminano i metodi che usano sorgenti elettriche naturali, con particolare riguardo ai metodi tellurici e magnetotellurici e relativa strumentazione.
Gli AA. s'intrattengono quindi, per oltre 100 pagine, sui metodi elettromagnetici. Dall'esposizione della teoria elettromagnetica, passano alla descrizione e alla combinazione di campi elettromagnetici, al complesso equipaggiamento per le misure di campagna (misure dell'ellisse di polarizzazione, misure di intensità, di angoli d'inclinazione, ecc.), alle misure con strumenti aerotrasportati, ecc.
L'ottavo capitolo si interessa dei metodi di resistività. Delineato l'uso degli elettrodi a corrente singola in profondità e in superficie, agli elettrodi per due correnti di

go on to the gravity effects of simple and complex forms, excess mass, etc.
Also the magnetic methods are summarized in about a hundred pages. The first to be dealt with are the definitions and basic theories, the concept of terrestrial magnetism, the main external magnetic field. Then come local anomalies and magnetometers in general, their use, magnetic campaigns, interpretation, the magnetic effects of simple forms, etc.
More than 200 pages are required by the authors to deal with seismic prospecting. Then a brief outline of the theory of elasticity is given whereby the equations of motion for longitudinal and transverse waves can be obtained. This is followed by the geometry of the seismic wave path and cases of reflection, refraction, diffraction, multiple paths and surface waves. A survey is made of instruments for measurements in the field, reflection and refraction methods are compared. Lengthy treatment is then given of new reflection methods using multi-channel procedures, frequency filtering and the interpretation of reflection and refraction for the purposes of geological research.
There is a chapter on the electrical properties of rocks (electric potential, electric conductivity, electric permeability, etc.). This is followed by another one in which methods using natural electrical sources are examined, with special reference to telluric and magnetotelluric methods and related instruments. The authors' treatment of electromagnetic methods thus goes on for more than 100 pages. From an explanation of the electromagnetic theory they go on to the description and combination of electromagnetic fields, to the complex equipment required for measurements in the field (measurement of the ellipse of polarization, intensity measurements, measurement of dip angles, etc.), to measurements using airborne instruments, etc. The eighth chapter is on resistivity methods. After describing the use of single current electrodes in depth and on the surface, and electrodes for two surface currents, the authors go on to the

superficie, si passa all'effetto di suolo non omogeneo e alle distorsioni che ne conseguono, nonché all'effetto del terreno anisotropo e all'effetto topografico. Segue la descrizione dell'equipaggiamento per misure di resistività in campagna.
Detto della polarizzazione indotta, gli AA. affrontano quindi i metodi radioattivi. Premettono i principi di radioattività: i costituenti del nucleo, le disintegrazioni nucleari, i processi di decadimento radioattivo, ecc. Fra gli strumenti, si esaminano la camera di ionizzazione, i contatori Geiger-Müller, gli spettrometri a raggi gamma, ecc. Concludono con le operazioni di campo e l'interpretazione.
L'ultimo capitolo è dedicato alla ricerca delle acque sotterranee. Vengono esaminati i metodi elettrici, i metodi elettromagnetici, quelli radioattivi, ecc.; si accenna pure ai metodi basati sulla propagazione delle onde elastiche, ai metodi magnetici, ecc. Seguono le procedure d'interpretazione.
Un libro denso di metodologie, aggiornate alle richieste attuali. Comunque, più interessante da applicare che da recensire...

effect of non-homogeneous soil and consequent distortion, as well as the effect of anisotropic soil and the topographic effect. This is followed by a description of field resistivity measuring equipment.
After dealing with induced polarization, the authors go on to radioactive methods. They begin with the principles of radioactivity: the constituents of the nucleus, nuclear disintegrations, radioactive decay processes, etc. The instruments described include the ionization chamber, Geiger-Müller counters, gamma ray spectrometers, etc. This is concluded by field operations and interpretation.
The last chapter is devoted to underground water prospecting. Electrical, electromagnetic and radioactive methods, etc. are examined and some mention is made also of methods based on elastic wave propagation, magnetic methods, etc. This is followed by interpretation procedures.
The book abounds in methodologies, which have been updated to suit present needs. In any case, it is more interesting to apply than to review...

PIETRO CALOI

BERRY, M.

Principles of Cosmology and Gravitation

Cambridge University Press, Cambridge, 1976
x + 179 pp., figs., £2.50

La cosmologia scientifica moderna costituisce una della più ardue avventure in campo intellettuale. Poiché in essa la fisica rientra come scienza base ed è poco insegnata nella Università a fini cosmologici, hanno sufficiente diffusione i trattati per specialisti o manuali elementari a scopo divulgativo. Mancano libri di livello intermedio. L'opera di Michael Berry si propone di riempire questo vuoto e promuovere l'in-

Modern scientific cosmology is one of the most arduous adventures in the intellectual field. As physics is the basic science underlying it and as it is not very widely taught at university level for cosmological purposes, there are already enough specialist treatises and popularizing elementary handbooks. There is a shortage of books, however, at intermediate level. Michael Berry's book sets out to fill this gap and promote the

segnamento della cosmologia nelle Università.

Dapprima l'A. si sofferma sul concetto di 'cosmografia', intesa come il catalogo degli oggetti sparsi nell'universo, con lo scopo di fissarne le posizioni e di indicarne i movimenti. In scala larghissima, l'universo consiste di grappoli di galassie. I telescopi ottici ne discernono un numero dell'ordine di 10^{11}. Dal punto di vista cosmologico, le galassie sarebbero gli 'atomi' dell'universo, di cui si investigano la distribuzione, il movimento e l'origine. D'altronde, le galassie sono avvolte da strutture gravitazionalmente complicate; ed ognuna d'esse consiste di circa 10^{11} stelle e d'altrettante nubi gassose. Le più frequenti hanno forma a disco, con un nucleo centrale e rami a spirale. Ma possono avere le forme più diverse, quali risultano dal magnifico *Hubble Atlas of Galaxies*, pubblicato nel 1961 dalla Carnegie Institution of Washington.

Berry si sofferma sulle caratteristiche della nostra galassia, con particolare riguardo alle dimensioni, ai componenti (con speciale riguardo al sistema solare), alle distanze della galassia più vicina (Andromeda, ca. $2 \cdot 10^6$ anni-luce) e della più lontana ($3 \cdot 10^9$ anni-luce circa), ecc. Si dilunga quindi nella gerarchia delle distanze cosmiche e nella determinazione delle densità galattiche; sui concetti di parallasse, di misure di distanze a mezzo della velocità, della luminosità apparente, ecc., per terminare sullo spostamento del rosso e l'universo in espansione.

Naturalmente, la parte impegnativa dell'opera si riferisce alla 'cosmologia teorica': con lo scopo di ricercare una struttura, che consenta di interpretare le informazioni fornite dalla cosmografia. Il cosmologo teorico usa le leggi fisiche valide per la Terra e le sue vicinanze, e sovente compie spericolate estrapolazioni che estende attraverso l'universo. Ma le estrapolazioni della fisica non sono sufficienti. Nello studio dell'universo vale il seguente principio cosmologico: nulla vi è di speciale, cosmologicamente parlando, nei pressi della Terra; perciò, le osservazioni su larga scala sono

teaching of cosmology in Universities. The author first deals with the concept of 'cosmography' as signifying the catalogue of objects scattered throughout the universe, for the purpose of fixing their positions and indicating their movements. On a huge scale, the universe consists of galaxy clusters. The number that the optical telescope has revealed is in the order of 10^{11}. Cosmologically speaking, the galaxies are the 'atoms' of the universe, the distribution, movement and origin of which are being 'investigated'. Moreover, the galaxies are enveloped in gravitationally complicated structures. Each of them is made up of about 10^{11} stars and of an equivalent number of gas clouds. The most common type is disk-shaped with a central nucleus and spiral branches. They can, however, have the most different shapes, as can be seen from a perusal of the excellent *Hubble Atlas of Galaxies* published in 1961 by the Carnegie Institution of Washington.

Berry deals in detail with the characteristics of our galaxy, with special reference to its size, components (especially the solar system), distances from the nearest other galaxy (Andromeda, *ca.* $2 \cdot 10^6$ light-years), and from the furthest (*ca.* $3 \cdot 10^9$ light-years), etc.

He then goes into the hierarchy of cosmic distances and the determination of galactic density, the concepts of parallax, distance measurements through velocity, apparent brightness, etc. and concludes with the red shift and the expanding universe.

Of course, the more demanding part of the book is about 'theoretical cosmology' where the aim is to find a structure whereby the information provided by cosmography can be interpreted. The theoretical cosmologist uses physical laws that are valid for the earth and its surroundings and often carries out reckless extrapolations that stretch across the universe. Physics extrapolations are not enough however. In studying the universe, the following cosmological principle is valid: there is nothing cosmologically peculiar in the vicinity of the Earth; large-scale observations are the same wherever

le stesse, quali possono essere osservate in ogni altro luogo. Principio ricco di possibilità, che consente di scegliere, fra tutte le complicate soluzioni della fisica, quelle che presentano alcune semplici simmetrie. Per l'A., la base fisica richiesta dalla cosmologia è una teoria di gravitazione, essendo questa la forza dominante nella scala del cosmo. È, quindi, principalmente alla teoria generale della relatività che Berry farà ricorso nelle sue investigazioni teoriche.

Pertanto l'A. fissa le idee relativistiche necessarie per la teoria di gravitazione, mettendo in evidenza le difficoltà della meccanica newtoniana e l'insufficienza della relatività speciale. Si sofferma quindi sui concetti di principio di Mach, di onda gravitazionale e del principio di equivalenza di Einstein.

Altri argomenti fondamentali sviluppati dall'A. sono quelli di tempo-spazio curvo e della fisica matematica della relatività generale, con considerazioni sul tragitto delle particelle e la loro separazione, e su curvatura e gravitazione. Di particolare interesse si presenta il capitolo sulla relatività generale in vicinanza di oggetti compatti, con riferimento specifico allo spazio-tempo presso una massa isolata, all'importante problema della precessione del perielio di Mercurio, come esempio di deviazione dalle previsioni della meccanica newtoniana, e alla deviazione della luce, conformemente al principio di equivalenza di Einstein, che implica appunto tale deviazione in un campo gravitazionale. Nello stesso capitolo, segue una interessante trattazione dell'ultimo stadio di evoluzione di parecchie stelle — circa 3 volte più massicce del Sole — che si conclude col 'collasso gravitazionale'; queste stelle 'crollate', sono dette, com'è noto, 'buchi neri' ('*black holes*').

Seguono due capitoli sulla cinematica cosmica (spostamento del rosso ed orizzonte, luminosità apparente, densità galattiche e oscurità del cielo notturno, ecc.) e sulla dinamica cosmica (gravitazione e fluido cosmico, modelli dell'universo; universo in espansione dopo il 'big bang', universo in espansione dopo contrazione ad un raggio finito, universo in espansione seguito da

they are made from. This principle offers many possibilities which enable one to choose among all the complicated solutions of physics those displaying a few simple symmetries. For the author the physical basis required by cosmology is a theory of gravitation as the latter is the dominant force at cosmic level. Berry thus makes use mainly of the general theory of relativity for his theoretical inquiry.

The author therefore establishes the relativistic ideas needed for the theory of gravitation, pointing out the drawbacks of the Newtonian mechanism and the inadequacy of special relativity. He then dwells on the concepts of Mach's principle, gravitational waves and Einstein's principle of equivalence.

Other fundamental subjects treated by the author are those of the time-space curve and the mathematical physics of general relativity, with some considerations on the trajectory of particles and their separation, on curvature and gravitation. Particularly interesting is the chapter on general relativity in the vicinity of compact objects, with specific reference to space-time near an isolated mass, to the important problem of the precession of Mercury's perihelion as an example of a deviation from the predictions of Newtonian mechanics, and to the deviation of light in accordance with Einstein's principle of equivalence, which actually implies this deviation in a gravitational field. Later in the same chapter, there is an interesting treatment of the final evolutionary stage of numerous stars — about 3 times larger than the Sun — which ends in 'gravitational collapse'. These collapsed stars are commonly known as 'black holes'. Then come two chapters on cosmic kinematics (red shift and horizon, apparent brightness, galactic density and darkness of night sky, etc.) and on cosmic dynamics (gravitation and cosmic fluid, models of the universe, expanding universe after the 'big bang', expanding universe after contraction to a finite radius, expanding universe followed by collapse, etc.; stationary state theory, etc.).

collasso, ecc.; la teoria dello stato stazionario, ecc.).
Quest'ultima parte rappresenta l'aspetto *cosmogonico* della cosmologia; vale a dire lo studio delle *origini* (o forse dell'infinitamente lontano passato). L'A. ironicamente osserva che, in questo campo, la presunzione (*arrogance*) del cosmologo raggiunge limiti estremi, costretto com'è ad estrapolare leggi della fisica alle massime distanze nel tempo e nello spazio.
Chiude l'affascinante volume un capitolo sulla radiazione del primordiale corpo nero cosmico e sulla condensazione delle galassie.

The latter part constitutes the *cosmogonic* aspect of cosmology, i.e. the study of the *origins* (or perhaps of the infinitely distant past). The author ironically observes that, in this field, the cosmologist's arrogance has reached extreme levels as he is compelled to extrapolate physical laws to the maximum distances of time and space.
This fascinating volume is concluded by a chapter on the radiation of the primordial cosmic black body and the condensation of galaxies.

PIETRO CALOI

TAZIEFF, H.

Vulcani e tettonica

Dal vulcanismo alla deriva dei continenti
Serie: Biblioteca di Monografie Scientifiche, Vol. 41
Zanichelli, Bologna, 1976
122 pp., figs. and tables, L. 1.500

Questa monografia sui vulcani affascinerà il lettore non specialista, come tutti i libri di Tazieff. Questi introduce il lettore, con il suo stile agile, all'attività del vulcanologo di campagna.
Nonostante i limiti evidenti, questo libro ha l'innegabile pregio di portare a conoscenza di un vasto pubblico la vulcanologia. Purtroppo questo settore così complesso delle Scienze della Terra è trattato dall'autore in forma riduttiva. Gli argomenti riportati nel testo scaturiscono generalmente dall'esperienza personale dell'autore o dei suoi collaboratori. Così al lettore vengono illustrate le escursioni svolte sui vulcani dell'Afar nel torrido clima della depressione Dancala, sui vulcani dell'Alaska, al lago di lava del Nyragongo nello Zaire, in Islanda, ecc.
In questo manualetto si da in realtà poco spazio alla Tettonica a zolle, nonostante il

This monograph on volcanoes, like all Tazieff's books, will fascinate the non-specialist reader. With his easy style, he introduces the reader to the work of the volcanologist in the field.
In spite of its obvious limitations, this book has the undeniable merit of presenting volcanology to a large number of people. Unfortunately, this extremely complex sector of the earth sciences is treated by the author reductively. The subjects dealt with in the text are usually taken from the author's personal experience or from that of his assistants. The reader thus finds descriptions of the expedition to the Afar volcanoes in the torrid climate of the Dancala depression, the volcanoes of Alaska, the lava lake of the Nyragongo in Zaire, in Iceland, etc.
In spite of its title, this small handbook actually devotes little space to plate tectonics, while it elaborates on the mechanism of

titolo, mentre ci si diffonde sui meccanismi delle eruzioni sottomarine, sull'attività dei laghi di lava, sulla formazione delle ignimbriti e delle caldere. Tutto ciò è fatto sempre in modo essenzialmente qualitativo, anche se in una piacevole forma discorsiva, corredando il testo di numerose fotografie.
Un capitolo del libro è dedicato alla previsione vulcanologica ed all'Etna. Questo vulcano è stato scelto come laboratorio dal gruppo di ricerca di Tazieff per mettere a punto le tecniche di prelievo ed analisi dei gas da utilizzare per la previsione delle eruzioni. L'autore ripone molte speranze nelle indagini sui gas per la soluzione di questo problema, anche se, come egli indica chiaramente, si è ancora molto lontano dall'ottenere risultati soddisfacenti. Le difficoltà maggiori consistono nella corretta interpretazione dei risultati ottenuti dall'analisi dei gas, in quanto non è facile raccoglierli senza inquinamento da parte dell'aria, nonostante gli accorgimenti usati nella raccolta.
A proposito della previsione l'autore fa una affermazione che non può essere condivisa; infatti risulterebbe più importante prevedere l'evoluzione di un'eruzione già iniziata, che la previsione dell'eruzione stessa. Una tale scelta potrebbe essere un grosso errore metodologico, perché sta a significare che le indagini condotte prima del verificarsi di un'eruzione sono di scarsa rilevanza ai fini della sicurezza delle popolazioni che vivono in aree vulcaniche attive. In realtà per limitare i rischi è necessario che si giunga ad una tempestiva previsione che può ottenersi solo programmando indagini continue prima del verificarsi dell'evento; in tal caso devono intervenire altri metodi di indagine essenzialmente geofisici e geochimici. Al contrario, iniziata un'eruzione, l'evoluzione del fenomeno può essere tanto rapida da costringere all'evacuazione in massa dei centri abitati in un clima di terrore.
Il libro, nelle intenzioni dell'Editore, dovrebbe avere la funzione di lettura complementare al testo di Scienze della Terra (ESCP) per le scuole superiori. In tal caso sarebbe stato necessario apportare alcune

submarine eruptions, lava lake activity and ignimbrite and caldera formation. The treatment is always basically qualitative, although in a pleasant narrative style, and the text is accompanied by numerous photographs.
One chapter is on volcanological forecasting and Etna. This volcano has been chosen as a laboratory by Tazieff's research group to develop sampling and gas analysis techniques to be used in eruption forecasting. The author has much faith in gas analysis in the solution of this problem, even though, as he openly admits, much more work still remains to be done before satisfactory results can be expected. The main difficulties consist of the correct interpretation of the results obtained from gas analysis, as it is not easy to obtain samples free from air contamination in spite of the precautions taken during collection. In connection with forecasting, the author makes a statement which cannot be endorsed: it would appear to be more important to predict the developments of an eruption already in progress than to forecast the eruption itself. This could be a gross methodological error, as it means that the investigations carried out before an eruption begins are relatively unimportant as regards the safety of the populations living in active volcano areas. In actual fact, risks can be reduced only by early forecasting which can be achieved only by planning continuous investigations before the event occurs. In this case, different investigation methods of an essentially geophysical and geochemical nature must be used. Once the eruption has begun, the phenomenon may be so rapid that the built-up areas have to be evacuated in an atmosphere of terror.
In the Publishing Company's intentions, the book's function is to provide supplementary reading to the college earth science text book (ESCP). In this case, it would have been necessary to make a few changes in the original text which had quite different aims. Firstly, it would have been a good idea to set volcanology problems in a wider framework and not condense everything

modifiche al testo originale che aveva tutti altri obiettivi. Innanzitutto sarebbe stato opportuno inquadrare i problemi della vulcanologia in modo più ampio e non racchiudere tutto ciò nelle due paginette delle Conclusioni. In questa versione, pertanto, si consiglia la lettura del testo a partire dalle Conclusioni. Inoltre, per motivi didattici, sarebbe stato più utile corredare il testo di disegni e diagrammi, limitando invece il numero delle fotografie. Utili le didascalie delle tavole fuori testo che potevano, tuttavia, avere una funzione didattica più incisiva trasformandole in glossario.

into the two pages of the Conclusions. In the present version, the reader is thus advised to begin reading from the Conclusions. Again, for teaching purposes it would have been more useful to provide the text with drawings and diagrams and to limit the number of photographs. The captions of the tables could have been made more useful for teaching purposes by being turned into a glossary.

GIUSEPPE LUONGO

WALLWORK, J. A.

The Distribution and Diversity of Soil Fauna

Academic Press, London, 1976
XII+356 pp., figs. and tables, £11.00

Quest'opera segue a distanza di cinque anni *Ecology of Soil Animals* dello stesso Autore, allargando e specializzando temi introdotti nel precedente volume. In realtà si tratta di un notevole sforzo di sintesi della letteratura più recente comparsa nelle varie riviste scientifiche del mondo sulla distribuzione e la diversità degli animali del suolo. Se l'opera da una parte appare ben documentata e una vera miniera di dati, dall'altra si avverte la sua origine composita e non sempre la materia è opportunamente ordinata. Risulta quindi difficile al non specialista di problemi ecologici del suolo orientarsi nell'intricata costruzione del volume pur se l'indice analitico, ben curato, può aiutarlo. Anche nell'uso dei termini e nella introduzione dei concetti l'opera appare indirizzata più agli specialisti del ramo, che non a studiosi che desiderino apprendere i fondamenti dei problemi trattati. Bisogna certo dire che la materia è di un'enorme complessità e che è già merito dell'Autore essere

This work appears five years after *Ecology of Soil Animals* by the same Author, and treats thoroughly subjects which had been introduced in the first volume. This book represents a remarkable synthesis of the latest literature, appearing in different scientific magazines on the distribution and diversity of soil fauna. The work, which is very well documented and rich in data, reveals its composite origins as the material is not always well ordered. Thus, the reader who is not an expert in ecological problems of soil finds it difficult to go through the intricate structure of the volume, although he can find some help in the precise and accurate analytical index. Also the language used by the Author and the way in which he presents the different concepts support the impression that this book was written for experts rather than for students wishing to learn the basies of these problems. At this point it should be said that the subject is of

riuscito anche se parzialmente ad operarvi una sintesi.
I singoli capitoli, dopo una breve introduzione sui vari gruppi animali presenti, riguardano i più importanti ecosistemi del suolo (delle praterie, delle foreste, del deserto, ecc.) analizzati sia dal punto di vista delle componenti chimico-fisiche che di quelle biotiche e delle loro interazioni.
Un capitolo molto analitico sui metodi per lo studio della distribuzione e della diversità ed uno piuttosto succinto ma certamente utile su di un campo in rapido sviluppo come i rapporti fra le pratiche agricole e la fauna dei suoli sono anche compresi nel volume, che si conclude con una densa e concettosa sintesi dei problemi esposti precedentemente. Pregevoli la ricca bibliografia al termine di ciascun capitolo e talune ottime illustrazioni.

enormous complexity and it is to the Author's redit thatc he has succeeded in making a partial synthesis of the matter.
The single chapters, after a short introduction dealing with the different animal groups living in the areas considered, describe the most important ecosystems (grasslands, forests, desert, etc.) analyzing the chemico-physical as well as the biotic components and their interactions.
Methods for studying the distribution and diversity of soil fauna are deeply analyzed in a separate chapter and a short but certainly useful discussion on a rapidly evolving subject, such as the relations between agriculture and fauna, is also included. At the end, all the problems discussed in the book are synthesized in a dense and pithy summary. The rich bibiliography concluding each chapter and some beautiful figures are of great interest.

MICHELE SARÀ

RICKLEFS, R.E.

Ecologia

Zanichelli, Bologna, 1976
XVI+744 pp., figs and tables, L. 15.800

Il libro di Ecologia di Ricklefs si distingue per l'originalità dell'impostazione e la ricchezza del contenuto concettuale. Dal capitolo 3, *Come percepiamo e comprendiamo il nostro ambiente*, risulta chiaro che l'A. intende scostarsi dalle trattazioni tradizionali della materia. Queste iniziano in genere con un'accurata analisi dell'ambiente nelle sue componenti abiotiche e biotiche; per Ricklefs tale analisi risulterebbe piuttosto astratta in quanto egli parte dall'organismo come unità fondamentale dell'ecologia.
Dopo la parte introduttiva una prima ma non preponderante porzione dell'opera, con la parte seconda: « selezione naturale ed adattamento » e la parte terza « ecologia degli organismi: l'ambiente fisico », è rivolta a comprendere come l'organismo s'inserisca e si regoli nel suo ambiente di vita.

This book on ecology by Ricklefs differs from others in the originality of its approach and the wealth of concepts it contains. From Chapter 3, *How we perceive and understand our environment*, it is clear that the author intends to diverge from traditional treatments of the subject. The latter usually begin with an accurate analysis of the environment in its biotic and abiotic aspects. Ricklefs holds that this analysis is somewhat abstract and he considers the organism as a fundamental unit of ecology.
After the introductory section a first, but comparatively short portion of the book, together with the second part: « natural selection and adaptation » and the third part « ecology of organisms: the physical environment », sets out to establish how the organism is integrated and how it behaves in its life environment. This is

Si tratta di autoecologia ma vista sotto un'angolazione nuova. La porzione centrale e più importante dell'opera è rivolta allo studio, con una problematica sempre viva e una coerente concatenazione concettuale, di taluni aspetti di sinecologia degli organismi. Essa comprende le parti dalla quarta alla settima. La parte quarta, intitolata *Ecologia degli organismi: l'ambiente biologico*, comprende capitoli come « relazioni fra preda e predatore », « la competizione », « l'ambiente sociale », « l'ambiente sessuale », « strategie delle modalità di vita », « gl'insetti sociali », « l'integrazione di popolazioni ». Si sono voluti elencare i capitoli in quanto il titolo complessivo della quarta parte non dà certo un'idea dei contenuti in essa racchiusi e che riguardano già in buona parte una sinecologia dinamica. Il suddetto carattere si accentua, con un aspetto decisamente evolutivo, nella parte quinta *Genetica ecologica ed evoluzione*, nella sesta *Genetica delle popolazioni* e nella settima *Ecologia delle popolazioni*. Questa porzione centrale si estende per oltre 300 pagine del testo, sottolineando che il massimo interesse dell'A. è negli aspetti di regolazione ed evoluzione a livello delle popolazioni. Ciò costituisce una base per l'ultima e terza porzione dell'opera che riguarda lo studio delle comunità, soprattutto sotto l'aspetto dinamico; questo studio è condensato in una sola parte, l'ottava dell'opera, dal titolo *Ecologia delle comunità*. È chiaro che nell'Ecologia del Ricklefs mancano o sono solo sommariamente esposti interi settori e diramazioni della vastissima, pur se giovane, scienza; ad esempio tutti gli aspetti applicativi e l'ecologia umana. La problematica e l'esemplificazione sono prese essenzialmente dal regno animale e dall'ambiente terrestre. Sarebbe d'altra parte fuori luogo farne un appunto all'A. che non ha voluto, come risulta dall'introduzione, darci una trattazione sistematica della materia, che sarebbe stata d'altra parte difficilmente condensabile, se non ad un livello molto elementare, nelle settecento pagine dell'opera. L'A. ha voluto chiaramente introdurre il lettore nella problematica ecologica, in

autecology, but seen from a new angle. The central portion is the most important and deals with the study, by means of topical problems and in a consistent conceptual sequence, of a few aspects of the synecology of organisms. It comprises sections four to seven. The fourth part, entitled *Ecology of organisms: the biological environment*, includes chapters on « relations between prey and predator », « competition», « the social environment », « the sexual environment », « life strategies », « social insects », « integration of populations ». The various chapters have been listed as the overall title of part four gives no idea of its contents which are already largely on dynamic synecology. The above features are accentuated in a decisively evolutionary way in part five, *Ecological genetics and evolution*, in part six, *Population genetics*, and in part seven, *Population ecology*. This central portion extends over more than 300 pages and is indicative of the great interest the author has in the aspects of regulation and evolution at population level. This provides a basis for the third and last portion of the book on the study of communities, especially from the dynamic standpoint. This study is condensed into a single part, the eighth, entitled *Ecology of communities*.

Of course, in Ricklefs' Ecology, whole sectors and branches of this vast, but young science are either missing or given only scant treatment, e.g. all the applied aspects and human ecology. Problems and examples are taken mainly from the animal kingdom and the earth environment. On the other hand, it would have been out of place to criticize the author for this because, as appears from the introduction, he did not intend to give us a a systematic treatment of the subject, which would also have been hard to condense except at a very elementary level, into the seven hundred pages of the book. The author's aim was clearly to introduce the reader to ecological problems in one of their more essential and typical aspects, i.e. that of the regulation and evolution of organisms at individual,

uno dei suoi aspetti più essenziali e qualificanti, quello della regolazione ed evoluzione degli organismi ai livelli individuale, popolazionistico e della comunità, in modo da sottolineare il carattere dell'Ecologia come scienza. In ciò è certamente riuscito anche per la lucida e puntuale esposizione di dati e concetti, per la vivacità e semplicità dello stile e per la ricca, interessante e ben selezionata documentazione iconografica.
Un glossario, un'ampia bibliografia conclusiva (non per capitoli e anche questo è in armonia con l'aspetto non sistematico o analitico dell'opera), varie appendici ed indici completano il libro. Esso, come dice l'A., è stato ideato essenzialmente per il livello di base degli studi universitari di ecologia ma può risultare molto stimolante anche per il ricercatore ecologo e in genere per tutti gli studiosi di biologia.

population and community levels so as to emphasize the scientific nature of ecology. He has certainly succeeded in doing this thanks also to his clear and precise presentation of facts and concepts, to his lively and simple style, and the abundant, interesting and well-chosen illustrative material.
A glossary, an extensive final bibliography (not chapter by chapter, and this too is in keeping with the non-systematic or analytical nature of the work), various appendices and indexes complete the work. In the author's words, it is designed mainly for basic university studies in ecology, although it may be found very stimulating also by the ecological researcher and students of biology in general.

MICHELE SARÀ

EASTOP, V. F. and HILLE RIS LAMBERS, D.

Survey of the World's Aphids

Dr. W. Junk b.v., Publishers, The Hague, 1976
VI+573 pp., Dfl. 160,—

Si tratta di un catalogo generale degli afidi (Afididi) del mondo, edito a quasi 60 anni di distanza da quello famoso di Wilson e Vickery (1918), e quindi aggiornato con tutta la letteratura comparsa in questo ampio intervallo di tempo: intervallo di estrema importanza in tutta la storia della scienza, ed anche in questo settore, pur così specializzato, dell'entomologia.
Come affermato dagli stessi Autori (i più noti specialisti del gruppo, la cui competenza e validità sono ben conosciute a qualsiasi ricercatore si sia avvicinato, anche marginalmente, a quell'enorme campo di indagine sugli afidi e sui loro legami con le piante e quindi con l'agricoltura e con le scienze forestali), questo 'Survey' non è solo una lista dei generi e delle specie descritte, ma un tentativo di chiarire i problemi tassono-

This is a general catalogue of the world's aphids (Aphididae) published nearly 60 years after the famous one by Wilson and Vickery (1918). It is thus up to date *vis-à-vis* all the literature that has appeared in the meantime, i.e. during a period of extreme importance for the whole history of science and even for such a specialised sector of entomology.
The authors are the best known specialists in the group and their competence and qualifications are acknowledged by all researchers who have even had marginal contact with the huge area of study comprising the aphids and their connections with plants and thus with agriculture and forestry. As they themselves declare, this survey is not only a list of the genera and species described, but also an attempt to

mici di tutte le specie conosciute e di dare un quadro nomenclatoriale il più stabile possibile. E ci si rende immediatamente conto del significato della chiarezza nomenclatoriale, come elemento di base per un qualsiasi discorso successivo.

Pur costretti alla massima concisione dalla mole stessa dell'opera, l'accuratezza e la correttezza che la informa nel suo complesso risulta anche dall'enorme numero di specie esaminate personalmente dagli Autori, e dal gran numero di tipi anche delle specie non valide rivisti, a volte con un lungo lavoro di ricerca per il reperimento e la ripreparazione dei 'vetrini' degli Autori più antichi. In quelle poche e scarne pagine introduttive in cui viene spiegato il piano dell'opera, e perfino negli stessi ringraziamenti, si colgono frasi da cui risulta con immediatezza l'impegno accurato nel portare avanti la mole di lavoro necessaria per un catalogo così impostato: ad esempio, il riesame della collezione G. del Guercio e la ripreparazione dei tipi, per poter risolvere i problemi di interpretazione del suo famoso lavoro del 1908 (*Sulla sistematica e biologia dei Fillosserini*), ed il riesame dei tipi delle specie descritte da Gillette e Palmer (« cleared, re-mounted and re-examined »).

La consultazione è agevole, in quanto dopo il vero e proprio catalogo ordinato per generi vi è un indice di tutti i nomi (validi e no) specifici ed infraspecifici; sono però omessi, per non ingigantire il volume, i riferimenti bibliografici a livello specifico ed infraspecifico, che sono comunque facilmente ricavabili da alcune ampie e recenti bibliografie riportate. Questi riferimenti bibliografici, e le indicazioni delle piante ospiti, avrebbero forse aumentato notevolmente la utilizzazione pratica dell'opera. Si tratta comunque di un lavoro essenziale per gli specialisti, ma anche un eccellente esempio di applicazione, in una amplissima casistica, delle regole del codice di nomenclatura, sempre tanto semplici in teoria e difficili da utilizzare in tutti i dettagli; è uno strumento per la ricerca, e quindi conciso ed essenziale, ma accanto a queste doti mostra

clarify the taxonomic problems of all known species and to give as clear a picture of the nomenclature as possible. It is immediately realised how important clarity of nomenclature is as a fundamental element in any later argument.

Although the very bulk of the work calls for the greatest concision, the accuracy and correctness characterising it can be seen in the large number of species examined personally by the authors and by the large number of the types of non-valid species reviewed, often entailing a long research to obtain and remount the slides of the earlier authors. In the few, concise introductory pages in which the plan of the work is explained, and even in the acknowledgments themselves, there are phrases that immediately reveal the painstaking efforts involved in carrying out the huge amount of work required to make this kind of catalogue, for instance, the re-appraisal of the G. del Guercio collection and the repreparation of the types for the purpose of solving the interpretation problems arising out of his famous 1908 work (*Sulla sistematica e biologia dei Fillosserini*) and the re-examination of the species types described by Gillette & Palmer (« cleared, re-mounted and re-examined »).

The work is of easy reference as the catalogue proper ordered by genera, is followed by an index of all the specific and infraspecific names (whether valid or not) that in any case are easily obtained from a few recent comprehensive bibliographies that are listed. These references and the indications of the host plants would perhaps have increased the practical usefulness of the work considerably. It is nevertheless an essential work for specialists and, at the same time, an excellent example of the application to a large number of cases of the rules of the nomenclature code, which are always so simple in theory and so difficult to use in all their details. It is a research tool and thus concise and essential, but it also reflects a definite stance adopted as regards the concepts of general taxonomy. It will be a very useful text for anyone in-

precise prese di posizione sui concetti di sistematica generale. Rappresenta un'opera di estrema utilità per qualsiasi ricercatore si occupi di sistematica, ma non solo di questa, nel campo di questo gruppo di insetti così importanti anche negli aspetti applicativi.

terested in taxonomy (and not only the latter) working in the field of this group of insects which have a great importance also in their applied aspects.

AUGUSTO VIGNA TAGLIANTI

JACOBS, W. and SEIDEL, F.

Systematische Zoologie: Insekten

Systematik, Morphologie, Anatomie, Embryologie
Series: Wörterbücher der Biologie
Veb Gustav Fischer Verlag, Jena, 1975
278 pp., figs., M 16,50

Nella serie di manuali biologici, molto pratica per il formato (12×19 cm), per il tipo di carta e di legatura e, non ultimo, per il prezzo relativamente economico, edita dalla Gustav Fischer di Jena, è uscito un bel volume di zoologia sistematica, sugli insetti: si tratta di una interessante realizzazione, un 'dizionario' di entomologia, in cui al rigore scientifico (la parte sistematica, morfologica ed anatomica è stata compilata da Jacobs, di Monaco, e quella embriologica da Seidel, di Marburg), degno della migliore tradizione germanica, si affianca una comodità di consultazione immediata e simpatica. L'iconografia è costituita da numerosissime piccole figure a tratto, molto esatte ed estremamente chiare, che affiancano validamente il testo nel rendere semplici e facilmente comprensibili anche aspetti morfologici complessi ed aridi che di rado si è in grado di capire con i trattati tradizionali. Nella tradizione entomologica italiana un solo tentativo, valido, se pur molto più semplice, di 'dizionario' era stato compiuto negli anni '50 da Ghidini (*Glossario di Entomologia*, La Scuola Editrice, Brescia, 1949): questo Autore, caro amico recentemente scomparso, sinceramente impegnato nella didattica delle Scienze Naturali, aveva sentito appunto l'esigenza di proporre un volumetto di questo tipo, un 'glossario',

A good book on the systematic zoology of insects has just been published by Gustav Fischer of Jena in the series of biology handbooks which are convenient because of their format (12×19 cm), type of paper and binding, and, last but not least, their low price. The latest is an interesting entomology 'dictionary' in which scientific rigour (the taxonomic, morphological and anatomical part was compiled by Jacobs from Munich, and the embryological part by Seidel of Marburg) worthy of the best German tradition is accompanied by a pleasant and immediate ease of reference. The illustrative material consists of numerous new accurate and clear small line drawings accompanying the text and facilitating the understanding also of complex and dry morphological aspects that can seldom be grasped through traditional treatments.
In Italian entomological tradition only one attempt, a worthy albeit much simpler one, at compiling a 'dictionary' was made in the 'fifties by Ghidini (*Glossario di Entomologia*) La Scuola Editrice, Brescia, 1949). This author, a late lamented dear friend of mine, was deeply committed to the teaching of natural science and felt the need for a book of this type, i.e. a 'glossary' that would be useful above all to the 'uninitiated' and would facilitate their understanding of

utile soprattutto ai 'non iniziati', che agevolasse la comprensione dei termini tecnici ed insieme fornisse una visione schematica delle conoscenze allora raggiunte. Il testo ora proposto dalla Fischer è notevolmente più ampio e dettagliato, utile non solo al principiante od allo studente, ma anche allo specialista, all''addetto ai lavori', per trovare rapidamente notizie di uso immediato. La struttura adottata è ben rispondente a questo scopo, sia nel testo sia nella iconografia. Si veda ad esempio la semplicità e chiarezza espositiva delle voci relative agli apparati boccali, ed alle loro modificazioni funzionali, agli schemi della segmentazione embrionale e della morfogenesi, alla metameria cefalica, alle appendici ed ai segmenti addominali, sempre di poco chiara interpretazione in molti testi classici.

Certamente le difficoltà poste dalla lingua non possono permetterne una ampia diffusione nell'Università italiana; sarebbe forse molto utile un testo analogo in italiano, che potesse colmare la lacuna solo parzialmente occupata dall'ormai introvabile volumetto di Ghidini. Ovviamente non potrà essere però una semplice traduzione dell'opera di Jacobs e Seidel, basata su molti termini propri della cultura entomologica tedesca, ma una completa rielaborazione in base alla terminologia corrente, anche se una gran parte delle voci di argomento più generale e più ampiamente trattate potrebbero essere inalterate. Qualche imperfezione, inevitabile forse in un'opera di questo impegno, potrà essere facilmente eliminata in una riedizione: si tratta di qualche errore in cifre relative a dimensioni od in qualche grafia, dovuto forse alla composizione, e di qualche aspetto nomenclatoriale, non omogeneo in quanto tratto da testi diversi o da classici e non corrispondente alle attuali interpretazioni. Può comunque essere decisamente considerata un'opera valida ed interessante, col significato non solo di miniera di informazioni, ma anche di effettiva messa a punto, e con semplicità di consultazione, di interpretazioni complesse di argomenti morfologici ed embriologici.

technical terminology, at the same time providing an outline of the state of our knowledge at that time. The present volume by Fischer is much more comprehensive and detailed, and is useful not only to the beginner or the student but also to the specialist worker in the field for the purpose of finding rapidly information for ready use. The way the book is laid out lends itself to this purpose, both as regards the text and the illustrations. An example of this is the simplicity and clarity of the treatment of the buccal apparatus and its functional modifications, the schemata of embryonic segmentation and morphogenesis, of cephalic metamerism, the appendixes and abdominal segments, which are always hard to interpret in many classical textbooks.

Of course its circulation in Italian universities will be hindered by language difficulties. It would perhaps be of great use to make a similar text in Italian which would fill the gap only partially filled by the now unavailable small volume by Ghidini. Of course, it could not just be a translation of Jacobs and Seidel's work, which is based on many terms peculiar to German entomological tradition, but a complete re-elaboration based on current terminology, even though most of the subjects more generally and comprehensively dealt with could be left as they are. A few defects, perhaps inevitable in a work of this size, can easily be eliminated in a later edition; they mainly consist of errors in figures relating to dimensions, or spelling mistakes, perhaps misprints, or else they are nomenclature details that do not agree as they have been taken from different texts or from classics and no longer correspond to modern interpretations. However, it is definitely a valid and interesting work; not only is it a mine of information and easy to consult but it also acts as an effective focus for complex interpretations of morphological and embryological subjects.

AUGUSTO VIGNA TAGLIANTI

FERGUSON, J.K. and MULLER, J. (eds.)

The Evolutionary Significance of the Exine

Series: Linnean Society Symposium, Vol. 1
Academic Press, London, 1976
XII+592 pp., figs., tables and plates, £28.00

Questo libro è il primo di una nuova serie edita dalla Linnean Society di Londra, ed è il più voluminoso finora pubblicato. Il libro è basato sulle comunicazioni presentate ad un simposio internazionale organizzato dalla predetta società e dai Royal Botanic Gardens, Kew, nei giorni 18-20 settembre del 1974.

Lo studio approfondito della ontogenesi delle spore, in particolare della esina, è relativamente recente e comunque è stato intensamente sviluppato negli ultimissimi decenni. Per questa ragione il simposio è stato estremamente opportuno, dando modo ai più noti specialisti della materia di mettere insieme i loro dati. I vari contributi sono ordinati in 6 sezioni che riguardano i dati paleontologici, fine struttura e funzione, sviluppo delle aperture, tendenze evolutive, dimorfismo, morfologia del polline e tassonomia. L'accento è sulle Angiosperme ma anche *Hepaticae*, *Musci* e *Pteridophyta* sono prese in considerazione.

Si può dire che l'esina è stata studiata da ogni possibile punto di vista, sia per quanto riguarda la ontogenesi e la partecipazione alla sua formazione del gametofito e dello sporofito, sia per quanto riguarda la struttura, la funzione, gli aspetti adattativi e filogenetici.

Quest'ultimo aspetto, che tra l'altro è messo in evidenza dal titolo stesso del simposio e del libro, appare quello che è meno risolto, forse perché è ancora troppo presto per tentare una sintesi delle nostre conoscenze così dettagliate ma in certo modo frammentarie.

Tra i tanti autorevoli contributi, volendo indicare quello di interesse biologico più generale, la mia scelta cadrebbe sull'articolo di J. Heslop-Harrison dal titolo *The adaptive significance of the exine* (« Il significato

This book is the first of a new series published by the Linnean Society of London, and is the bulkiest volume yet to appear. The book is based on papers presented at an international symposium organised by the above Society and by the Royal Botanic Gardens, Kew, on 18-20th September, 1974.

The detailed study of spore ontogenesis, especially of the exine, is relatively recent and, in any case, has undergone intense development in very recent decades. For this reason, the symposium was very timely, as it enabled the best known specialists in the field to pool their data. The various contributions have been divided into 6 sections: palaeontological data, fine structure and function, development of openings, evolutionary tendencies, dimorphism, pollen morphology and taxonomy. The emphasis is on the Angiosperms, but also *Hepaticae*, *Musci* and *Pteridophyta* are examined.

The exine can be said to have been studied from all possible standpoints, both as regards ontogenesis and the participation in its formation of the gametophyte and the sporophyte and as regards its structure, function and its adaptive and phylogenetic aspects.

The latter aspect, which is also stressed in the title of the Symposium and of the book, seems to have been less favourably solved, perhaps because it is still too early to attempt a synthesis of present knowledge which, although very detailed, is still in a certain sense fragmentary.

Of the many authoritative contributions, I should choose as being of the most general biological interest the article by J. Heslop-Harrison entitled *The adaptative significance of the exine*. In fact, the exine can contain

adattativo dell'esina »). Infatti l'esina può contenere e quindi trasportare materiali fisiologicamente attivi di origine sporofitica, cioè elaborati dal tappeto (così come l'intina può trasportare analoghe sostanze elaborate dal gametofito). Le proteine trasportate nell'esina spesso hanno un preciso ruolo nel controllo della compatibilità sia intraspecifica che interspecifica; le aperture entrano in gioco nelle fasi di idratazione, della fuoriuscita del tubetto pollinico e della diffusione di sostanze solubili di origine gametofitica.

Il significato adattativo dell'esina è ripreso in altri contributi come quello di J. W. Walker dal titolo *Evolutionary significance of the exine in the pollen of primitive angiosperms* (« Il significato evolutivo dell'esina nel polline delle angiosperme primitive »). Walker prende in considerazione anche altri aspetti adattativi come la protezione del gametofito e le possibilità di variazione di volume del polline a seconda della umidità e gli adattamenti alla impollinazione entomofila, pur tendendo a spiegare più i caratteri adattativi colle tendenze evolutive evidenziate dai dati morfologici che viceversa. In complesso mi pare che il supporto dell'analisi funzionale dello sporoderma alla ricostruzione della sua evoluzione sia una delle linee più interessanti che emerge dall'imponente complesso di dati ed ipotesi contenuti nel volume qui recensito.

and thus transport physiologically active material of sporophytic origin, i.e. elaborated by the 'tapetum' (just as the intine can transport similar substances elaborated by the gametophyte). The proteins transported in the exine often play a definite role in both intraspecific and interspecific compatibility. The openings come into action during the hydration phases, during the exit of the pollen tube and the diffusion of soluble substances of gametophytic origin.

The adaptative significance of the exine is dealt with also in other contributions, e.g. the one by J. W. Walker on *Evolutionary significance of the exine in the pollen of primitive angiosperms*. Walker examines also other adaptive aspects such as gametophyte protection and the possibility of variations in pollen volume according to the humidity and the adaptations to entomophily, in an attempt, however, to explain adaptive characters more by means of evolutionary tendencies indicated by the morphological data than *vice versa*. On the whole I think the supporting functional analyses of the sporoderm during the reconstruction of its evolution is one of the most interesting approaches emerging from the huge mass of data and hypotheses contained in this volume.

GIACOMINO SARFATTI

FORD, T. D. and CULLINGFORD, C. H. D. (eds.)

The Science of Speleology

Academic Press, London, 1976
XIV+594 pp., figs., and plates, £14.00

I 22 autori che presentano, riuniti in un volume, i loro contributi espongono i diversi aspetti naturalistici dello studio delle grotte, da quelli della loro origine e natura a quelli del contenuto delle grotte stesse. I diversi aspetti e relativi problemi appartengono ai campi tradizionali della geologia, mineralogia, chimica, idrologia, climatologia, fiisica (specialmente per le tecniche geofisiche usate per scoprire cavità sotterranee) e infine zoologia, botanica, paleontologia ed archeologia.

Tra i vari argomenti trattati le novità di maggiore spicco, capaci di fornire diverse basi orientative per gli studi futuri, sono essenzialmente due. La scoperta della complessità delle reazioni chimiche che determinano la dissoluzione e la precipitazione dei carbonati, connessa anche con l'influenza che esercitano altre sostanze sciolte nelle acque. L'altra novità degli ultimi 10-15 anni di ricerche riguarda il campo dell'idrologia: è stata risolta in linea di principio la lunga controversia che faceva capo alle due ipotesi contrastanti della non esistenza nelle rocce interessate da carsismo di un'acqua di fondo con unica superficie piezometrica (sostenuta inizialmente da Martel) e della sua esistenza (sostenuta da Grund). Sono due casi estremi di una estesa gamma di situazioni di un sistema integrato dove le acque circolano simultaneamente in condotte ben definite come le grotte e al di fuori di esse per permeabilità diffusa.

Non può esistere uno speleologo esperto ugualmente in tutte queste discipline (anche biologiche). L'utilità del volume, dotato di buone ed efficaci illustrazioni, consiste nel mettere a disposizione dello studioso di speleologia, anche semplice amatore, un quadro aggiornato di conoscenze e di metodologie diverse che convergono nello studio specialistico. Ogni cultore di singoli aspetti

The papers of the 22 contributors to this volume illustrate the various naturalistic aspects of studying caves, ranging from their origin and nature to their contents. The various aspects and related problems belong to the traditional fields of geology, mineralogy, chemistry, hydrology, climatology, physics (especially the geophysical techniques used to discover underground caves) and lastly zoology, botany, palaeontology and archaeology.

Of the various subjects dealt with there are two novelties stand out as being capable of providing different basic guidelines for future study. One is the discovery of the complexity of the chemical reactions responsible for carbonate dissolution and precipitation, also connected with the influence exerted by other dissolved substances in the water. The other novelty arising out of the last 10-15 years of research is in the field of hydrology: the long controversy based on the two opposite hypotheses of the non-existence in rocks affected by carsism of ground water with a single piezometric surface (originally advanced by Martel) and of its existence (advanced by Grund) has finally been settled, at least in principle. These are but two extreme cases of a wide range of situations in an integrated system where the water circulates simultaneously in well-defined channels like caves and outside of them by means of diffuse permeability.

No one speleologist can be equally expert in all these disciplines (including the biological ones). The usefulness of this volume, with its good and effective illustrations, consists in providing the specialist in speleology, and even amateurs, with an up-to-date picture of the different data and methodologies that converge in the specialist study. Each expert in the single aspects

deve avere un minimo di informazione sugli altri, se non altro per non arrecare danni, nelle sue visite alle grotte, a documenti naturalistici di grande interesse.

must have a minimum of information concerning the others, if for nothing else, at least to avoid damaging interesting naturalistic documents during his exploration of the caves.

LIVIO TREVISAN

JOPLING, A. V. and MCDONALD, B. C. (eds.)

Glaciofluvial and Glaciolacustrine Sedimentation

Special Publication No 23
Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Tulsa, 1975
320 pp., figs. and plates, $15.00

I 15 autori del volume (11 canadesi, 3 statunitensi, 1 scandinavo) descrivono e commentano i depositi glaciali, subaerei e subacquei, di luoghi diversi e sotto diversi aspetti: strutture sedimentarie, faglie dovute a fusione di ghiaccio incluso nei sedimenti, varve lacustri. Particolare interesse ha lo studio degli Eskers, nei tre aspetti di canale aperto, di galleria con acqua in pressione, di delta, anche in rapporto con la dinamica delle acque.
Il campo d'indagine è manifestamente limitato, ma, nel quadro dell'impulso quasi esplosivo che la Sedimentologia ha avuto negli ultimi anni quasi esclusivamente per l'ambiente marino, questi studi rappresentano un complemento equilibratore con l'analisi approfondita dei depositi continentali legati al glacialismo. Il loro interesse si estende allo studio del Quaternario, della paleoclimatologia, della morfologia; alcuni articoli inoltre sono suscettibili di applicazioni per la valutazione degli apporti di materiali solidi nei bacini glaciali in vista di impianti idroelettrici.
Il volume ha il merito di far conoscere risultati di ricerche altrimenti poco accessibili per la dispersione della letteratura sull'argomento e raggiunge felicemente lo scopo anche con le numerose ottime illustrazioni schematiche e fotografiche, fondamentali per la comprensione di fenomeni di questo tipo.

The 15 authors of this volume (11 Canadians, 3 Americans, 1 Scandinavian) describe and comment on the subaerial and subacqueous glacial deposits of different places and from different viewpoints: sedimentary structures, faults due to the melting of ice included in the sediments, and lacustrine varves. Of special interest is the study of Eskers in their triple aspect of open channel, tunnel and delta, also as a function of water dynamics.
The field of investigation is obviously restricted but in the context of the almost explosive expansion of sedimentology in recent years, almost exclusively in marine environments, these studies have a complementary and balancing function with the detailed analysis of continental deposits connected with glacialism. Interest in them ranges from the study of the Quaternary, of paleoclimatology, and morphology. A few articles could have applications in the assessment of solid material contributions in glacial basins in view of hydro-electric installations.
The text has the merit of publishing research results that would otherwise be unavailable because of the scattering of literature on the subject and also reaches its objective through the numerous excellent drawings and photographs, which are of fundamental importance in understanding this kind of phenomenon.

LIVIO TREVISAN

KAUFMANN, A.

Applications à la linguistique, à la logique et à la sémantique

Series: Introduction à la théorie des sous-ensembles flous, Vol. 2
Masson et C.ie, Paris, 1975
XII+235 pp., tables, Fr. 130

È questo il secondo volume di una vasta opera che Kaufmann sta dedicando alla teoria degli insiemi *fuzzy* (letteralmente *non ben definiti* o *sfumati*).
Dopo il primo, uscito nel 1973, che forniva gli elementi di base della teoria, questo secondo volume si occupa delle sue applicazioni in ambito logico e linguistico.
A completare l'opera seguiranno altri due volumi che copriranno le applicazioni alla teoria degli automi e dei sistemi, alla didattica e alla psicologia, e conterranno alcuni ulteriori sviluppi teorici.
La teoria degli insiemi fuzzy, introdotta da Zadeh nel 1965 e sviluppatasi rapidamente per merito dello stesso Zadeh e di altri sia a livello teorico che a livello applicativo, è motivata come approccio per formalizzare il concetto di appartenenza sfumata (ad esempio « 10 appartiene all'insieme di numeri *molto maggiori* di 5 »).
L'usuale concetto di appartenenza viene generalizzato in quello di grado di appartenenza, e la usuale teoria degli insiemi (la funzione caratteristica di un insieme $A \subseteq X$ (insieme totale), è come è noto, $\varphi_A : X \to \{0, 1\}$) viene estesa a quella degli insiemi *fuzzy* (se A è un sottoinsieme fuzzy di X, la sua funzione caratteristica è $\psi_A : X \to [0, 1]$).
Le operazioni di unione, intersezione e complementarizzazione sugli insiemi vengono generalizzate mediante le funzioni di massimo (max), minimo (min) e differenza a 1 (1—).
Il concetto di grado di appartenenza può essere messo in relazione con quello di probabilità di appartenenza. Esiste comunque una profonda differenza tra l'approccio fuzzy ed i metodi statistici: il primo infatti con-

This is the second volume of an extensive work being written by Kaufmann on the theory of fuzzy sets.
The first volume came out in 1973 and dealt with the basic elements of the theory; this second one deals with its applications in logic and linguistic.
The work will be completed by further two volumes on applications to the robots and systems theory, to teaching and to psychology, and will contain some further theoretical developments.
The theory of fuzzy sets, introduced by Zadeh in 1965 and rapidly extended by Zadeh himself and by others both at theoretical and applicational level, is justified as an approach to the formalization of the concept of fuzzy belonging (e.g. « 10 belongs to the set of numbers *much greater* than 5 »).
The normal belonging concept is generalized to that of belonging degree, and the normal theory of sets (the characteristic function of a set $A \subseteq X$ (total set) is known to be $\varphi_A : X \to \{0, 1\}$) is extended to that of fuzzy sets (if A is a fuzzy sub-set of X, its characteristic function is $\psi_A : X \to \to [0, 1]$).
The operations of union, intersection and complementarization carried out on sets are generalized by means of the functions of maximum (max), minimum (min) and difference to 1 (1—).
The belonging degree concept can be related to that of belonging probability. Nevertheless there is a great difference between the fuzzy approach and statistical methods; the former allows the characteristics of the best or worst hypothesis to be abstracted from a system of hypotheses,

sente di estrarre da un sistema di ipotesi le caratteristiche della migliore, o peggiore, ipotesi, i secondi invece danno come valore una ipotesi che rappresenta in qualche modo la media tra le varie ipotesi

$$\psi_{A \cup B} = \max(\psi_A, \psi_B)$$
$$P_{A \cup B} = P_A + P_B - P_{A \cap B}$$

La semplicità delle operazioni max, min, 1— da una parte dunque impone di trascurare una gran massa di informazioni, dall'altra permette però di risolvere facilmente problemi di analisi e sintesi di sistemi fuzzy.

Proprio questa semplicità di uso rende l'approccio fuzzy adatto a tutte le applicazioni che necessitano di rapidità di decisione e di individuazione dei valori limite (diagnostica medica, strumentazioni di sicurezza, analisi e collazione dei testi ecc.) mentre lo rende meno interessante per quelle che richiedono la descrizione del comportamento globale del sistema. La teoria degli insiemi fuzzy ha in sintesi il suo interesse principale nel fatto che consente una estensione delle teorie formali (logica, teoria dei linguaggi, teoria degli insiemi...) senza che questa estensione modifichi in modo totale le caratteristiche di quelle teorie, mentre appaiono ancora immotivate e prive di fondamento le teorizzazioni che la presentano come teoria del *rapporto uomo-macchina* ecc.

Questa opera di Kaufmann, come accennato più sopra, affronta le applicazioni alla logica ed in particolare alla linguistica. I linguaggi *semanticamente fuzzy* sono appunto linguaggi in cui il significato di una parola è un sottoinsieme fuzzy dell'universo del discorso.

L'accento del libro è posto sugli operatori semantici di Zadeh, che consentono di *sfumare* un linguaggio, e si presentano perciò come una formalizzazione del rapporto tra linguaggio naturale e linguaggio formale. Il libro è di facile lettura per le ampie introduzioni alla teoria dei linguaggi e al calcolo delle proposizioni che rendono agevole la comprensione delle nozioni fuzzy, presentate come estensioni appunto della teoria dei linguaggi formali, e per la ricca gamma di esempi che illustra le nozioni introdotte.

the latter give as a value a hypothesis that in some way represents the average of the various hypotheses

$$\psi_{A \cup B} = \max(\psi_A, \psi_B)$$
$$P_{A \cup B} = P_A + P_B - P_{A \cap B}$$

While the simplicity of the max, min and 1— operations makes it necessary to omit a great mass of information, it nevertheless makes it possible to solve with ease problems regarding the analysis and synthesis of fuzzy systems.

This simplicity of use makes the fuzzy approach suitable for all applications requiring rapid decisions and the specification of limiting values (medical diagnosis, safety instruments, analysis and collation of texts, etc.) although it makes it less interesting in the case of those requiring a description of the overall behaviour of the system. The theory of fuzzy sets is basically of interest since it allows an extension of the formal theories (logic, language theory, theory of sets...) without a total modification of the characteristics of these theories, while the theorizations whereby it is presented as the theory of the *man-machine relationship* etc. still appear to be unjustified and groundless.

As already mentioned, this work of Kaufmann's approaches the applications to logic and particularly to linguistics. *Semantically fuzzy* languages are languages in which the meaning of a word is a fuzzy sub-set of the universe of discourse.

In this book, the accent is placed on Zadeh's semantic operators which allow a language to be fuzzed, and thus appear as a formalization of the relations between natural language and formal language. The book is made easy to read by the extensive introductions to language theory and the calculus of propositions to facilitate an understanding of fuzzy notions, which are presented as extensions of the theory of formal languages and by the wealth of examples illustrating the concepts presented. In conclusion, Kaufmann's book is an exhaustive monograph on the theory of fuzzy sets which allows the latter to be approached without

In conclusione l'opera di Kaufmann si caratterizza come una esauriente monografia sulla teoria degli insiemi fuzzy, che consente di avvicinarsi ad essa senza essere costretti ad affrontare un vasto repertorio di articoli disseminati in decine di diverse riviste.

one being compelled to read a vast collection of articles scattered over dozens of different reviews.

GIORGIO DE MICHELIS

BILLIG, M. (ed.)

Social Psychology and Intergroup Relations

Series: European Monographs in Social Psychology, Vol. 9
Academic Press, London, 1976
x+428 pp., £11.80

Il lavoro di M. Billig appartiene a un filone di ricerche che si sta sviluppando soprattutto in Europa e si discosta, almeno in parte, dalle tendenze finora dominanti nella psicologia sociale angloamericana.
Si tratta di ricerche a orientamento cognitivista, che tendono ad analizzare prevalentemente i processi conoscitivi e le forme di comunicazione che fondano i fenomeni psicosociali. Tuttavia, oggetto privilegiato di questo tipo di analisi non è solo il piccolo gruppo a sé, come nella psicologia sociale tradizionale, quanto piuttosto il *contesto relazionale* che si stabilisce tra gruppi diversi nella realtà sociale complessiva. Scopo della teoria sociopsicologica è allora ricollegare i sistemi di *credenze* (ideologie) prodotti dai gruppi, alle loro reali condizioni nella vita sociale, in relazione alle 'oggettive disuguaglianze di potere' tra i gruppi stessi.
A differenza della tradizionale ricerca psicosociale sulle 'norme' e la 'cultura' nel piccolo gruppo, quest'impostazione rivendica per tali fenomeni una *dimensione sociale specifica*, dove si realizza l'incontro tra 'l'interpersonale' e il 'collettivo', e dove appare la relazione tra la ideologia dei gruppi e le 'condizioni materiali sottostanti'. Billig si richiama qui esplicitamente al concetto marxiano di ideologia come 'falsa

This book by M. Billig is part of a research approach that is developing mainly in Europe and differs, at least in part, from the hitherto dominant tendencies of Anglo-American social psychology.
This research is cognitivistic in its orientation and tends mainly to analyse cognitive processes and the forms of communication founded by psychological phenomena. However, the main object of this type of analysis is not the small group in itself, as in traditional social psychology, but the *relational context* set up between different groups within the complex social situation. The aim of the socio-psychological theory is thus to relate the systems of *beliefs* (ideologies) produced by the groups back to their real conditions in the social life in relation to the 'objective inequalities of power' between the groups themselves. Unlike traditional psycho-social research on 'norms' and 'culture' within the small group, this approach claims that these phenomena have a *specific social dimension* where the 'interpersonal' meets the 'collective', and where the relationship between the ideology of the groups and the 'underlying material conditions' can be seen. Here Billig makes explicit reference to the Marxian concept of ideology as

coscienza' che, prodotta socialmente, occulta o condiziona i conflitti, i movimenti collettivi, i cambiamenti sociali che nascono dalla disuguaglianza tra i gruppi. Occorre quindi una teoria socio-psicologica 'critica' che non soltanto dedichi maggiore attenzione a tali fenomeni, ma possa analizzare criticamente gli stessi propri presupposti ideologici.

Su tale base, procede l'ampio esame critico che Billig dedica alle principali teorie psicologico-sociali: esse sarebbero caratterizzate da un costante 'riduzionismo', cioè dal tentativo di interpretare i fenomeni sociali solo in termini psicologico-individuali o al più inter-personali. Tale è, per Billig, il caso delle teorie psicoanalitiche e del loro riferimento a una base istintuale 'irrazionale' del comportamento umano; d'altra parte, nelle teorie 'motivazionali' (aggressione-frustrazione) o in quelle, più recenti, del conflitto razionale e dei giochi decisionali, tale riduzionismo opererebbe sia in senso teorico sia in senso metodologico, attraverso il massiccio riferimento a dati di laboratorio isolati dalla realtà sociale. Billig ritiene invece che, nelle relazioni inter-gruppi, « le categorizzazioni sociali non nascono nel vuoto, ma vengono integrate al servizio di particolari fini ideologici » (pag. 361) e quindi sono collegate « con altre categorie di significati e con le pratiche sociali » (*ibid.*), tra le quali è il linguaggio, che ha un ruolo preminente nella mediazione dei significati socialmente condivisi. In questo più ampio contesto, è possibile utilizzare anche quanto si conosce della categorizzazione e identificazione sociale nel piccolo gruppo, cioè di come esso strutturi la conoscenza della scena sociale, di se stesso e dei suoi obbiettivi: i lavori di M. Sherif sulla cooperazione e competitività tra piccoli gruppi hanno, secondo Billig, precorso questa impostazione. Ma occorre anche affermare che « nel porre l'accento sul linguaggio e sul significato dei rituali sociali, non bisogna dimenticare le più ampie questioni che si riferiscono alle funzioni ideologiche del linguaggio e alle strutture sociali che permettono il costituirsi di tali rituali » (pag. 372). In altre parole, Billig

'false consciousness' which, being produced socially, conceals or modifies the conflicts, collective movements and social changes arising out of the inequalities among the groups. What is thus needed is a 'critical' socio-psychological theory that not only gives greater attention to such phenomena but can also critically analyse its own ideological premises.

The wide-ranging critical appraisal Billig makes of the main psychologico-social theories is carried out on this basis. They are thought to be characterised by a constant 'reductionism', i.e. by the attempt to interpret social phenomena solely in individual, or at best, interpersonal, psychological terms. Billig maintains this is true for the psychoanalytical theories and their reference to an 'irrational' instinctual basis for human behaviour. On the other hand, in the 'motivational' theories (aggression-frustration) or in the more recent ones of rational conflict and decision-making games, this reductionism is supposedly acting both theoretically and methodologically through the large-scale reference to laboratory data isolated from the social context. Billig claims that, on the other hand, in inter-group relations «social categorizations are not produced in a vacuum but are integrated in the service of particular ideological ends» (page 361) and are thus connected with «other categories of meanings and social practices» (*ibid.*), including language, which has a predominant role in the mediation of socially shared meanings. In this wider context it is possible to use also what is known of categorization and social identification in the small group, i.e. how it structures knowledge of the social scene, of itself and of its objectives. M. Sherif's work on cooperation and competition between small groups was, according to Billig, a forerunner of this approach. But it is also true that « in stressing language and the meaning of social rituals, one must not forget the wider questions relating to the ideological functions of language and to social structures that allow these rituals to be set up » (page 372). In other words,

ritiene indispensabile riferirsi pur sempre a una teoria generale, storico-evolutiva, della società per inserirvi la conoscenza particolare dei fenomeni psicosociali citati.
Rispetto a precursori come Sherif, o ad altre impostazioni vicine a questa, come quella dell' 'interazionismo simbolico' , tale atteggiamento qualifica in modo preciso il gruppo di studiosi (Tajfel, Israel, Moscovici, Zavalloni e altri) cui Billig fa direttamente riferimento. Tuttavia, come uno di essi riconosce (H. Tajfel, in « Psicologia sociale e processi sociali » in *Problemi attuali della psicologia sociale*, Bologna, 1976) « lo studio della convergenza tra fenomeni psichici e processi sociali » è ancora per alcuni settori allo stadio di « teoria in cerca di dati » (art. cit. pag. 15). A questa teoria, il libro di Billig fornisce soprattutto la base di documentazione critica e alcune linee di sviluppo concettuale, attraverso il riferimento al marxismo, piuttosto inconsueto nella psicologia sociale angloamericana.
Si può osservare che proprio la necessità di tale riferimento mostra l'ampiezza della crisi dell''empirismo pragmatista' che tuttora domina molti settori della psicologia sociale. Tentativi come quello di Billig esprimono un'esigenza importante ma anche i rischi di ogni forma di contaminazione, se non altro tra modi di pensiero e linguaggi assai lontani tra loro. In altro modo, è significativo il rifiuto dell'apporto psicoanalitico. Le teorie freudiane hanno messo in luce il rapporto, in un certo senso dialettico, tra processi psichici profondi e le forme apparentemente più razionali della vita sociale, prima di tutto il linguaggio stesso. Nella sua lunga analisi critica, Billig si sforza di reinterpretare tali teorie in forma di nuovo strettamente empiristica: senza avvedersi che forse proprio da esse una psicologia sociale 'critica' può trarre alcune delle sue armi migliori.

Billig thinks it is essential to relate back in any case to a general historico-evolutionary theory of society in which to insert the particular knowledge of the psychosocial phenomena quoted.
Compared with pioneers like Sherif, or other similar approaches, like that of 'symbolic interactionism', this attitude accurately characterizes the group of workers (Tajfel, Israel, Moscovici, Zavalloni, and others) to whom Billig refers directly. However, as one of them admits (H. Tajfel in «Psicologia sociale e processi sociali» in *Problemi attuali della psicologia sociale*, Bologna, 1976) «the study of the convergence between psychical phenomena and social processes» is, in some sectors, still at the stage of a «theory in search of data» (art. cit., page 15). Billig's book provides this theory above all with its basis of critical documentation and a few lines of conceptual development through the reference to Marxism, something rather unusual in Anglo-American social psychology.
It can be observed that it is the very need for this reference that shows the extent of the crisis of 'pragmatistic empiricism' which still dominates many sectors of social psychology. Attempts like Billig's express an important need but also the risks of all forms of contamination, if nothing else, between widely separated ways of thinking and language. The rejection of the psychoanalytical contribution is significant in a different way. The Freudian theories have shown up the (in a certain sense dialectical) relationship between deep psychic processes and the apparently more rational forms of social life, first and foremost, language itself. In his long critical analysis, Billig endeavours to reinterpret these theories in a form that is again strictly empirical; without realising that it is perhaps from them that a 'critical' social psychology could borrow a few of its most effective tools.

PIETRO RIZZI

ABBOTT, I. A. and HOLLENBERG, G. J. - MARINE ALGAE OF CALIFORNIA
Stanford University Press, Stanford, 1976
XII+827 pp., figs., $22.50

The book is intended to be used as a manual — a combined laboratory and field reference for identifying the marine algae of California. It differs from its predecessors in placing less emphasis on a previous knowledge of lower plants, a decision that should render the material a bit more accessible.

ALCOCK, C. B. - PRINCIPLES OF PYROMETALLURGY
Academic Press, London, 1976
XIII+348 pp., figs. and tables, £8.80

CONTENTS. - 1. Solid State Processes. - 2. Metal Extraction Reactions Producing Liquid or Gaseous Metals. - 3. Metal Refining Processes.

ATKIN, N. B. - CYTOGENETICS ASPECTS OF MALIGNANT TRANSFORMATION
Series: Experimental Biology and Medicine, Vol. 6
S. Karger, Basel, 1976
VIII+168 pp., figs. and tables, SFr. 74.—

CONTENTS. - 1. Introduction. - 2. Historical Perspective. - 3. The Karyotypes of Neoplastic Cells. - 4. Agents Causing Chromosome Damage in Somatic Cells. - 5. Constitutional Chromosome Anomalies and Chromosome Instability Associated with Susceptibility to Neoplasia. - 6. Acquired Aneuploid Clones in Non-Malignant and Premalignant Conditions. - 7. Leukaemias. - 8. Chromosomes in Solid Tumours. - 9. Neoplastic Conditions of the Reticuloendothelial System. - 10. Tumours of the Breast and Female Genital Tract. - 11. Tumours of the Alimentary Tract. - 12. Tumours at Other Sites. - 13. Double-Minute Chromatin Bodies. - 14. Neoplasias of Animals and Plants. - 15. *In vitro* Techniques in the Study of Malignancy. - 16. Chromosome Changes in Neoplasia: Some Conclusions.

AUDUS, L. G. (ed.) - HERBICIDES, 2 Vols.
Physiology, Biochemistry, Ecology
Academic Press, London, 1976
XXII+608 pp. and XX+564 pp., figs. and tables, £19.00 and £17.50 respectively

This work is a two-volume treatise dealing primarily with higher plants. The contributors analyse in detail the biochemical mechanisms of action of all commercially important herbicides and, where significant, many experimental ones. They examine too the physical aspects of herbicide action — including influences on membranes, gas exchange and nutrient movement — and aspects such as uptake by roots and shoots, internal metabolism, and the effects of the main environmental factors upon these phenomena. These volumes are directed to all scientists concerned with the functioning of herbicides. They will be of particular value to students of agriculture, agricultural botany and chemistry, agronomy, soil science and horticulture. Government and industrial research organizations concerned with crop production, plant husbandry and weed control will also appreciate their comprehensive coverage of the subject.

AUSTIN, C. R. and SHORT, R. V. (eds.) - THE EVOLUTION OF REPRODUCTION
Series: Reproduction in Mammals, Vol. 6
Cambridge University Press, Cambridge, 1976
VIII+189 pp., figs. and tables, £2.50

CONTENTS. - 1. The development of sexual reproduction, by S. OHNO. - 2. Evolution of viviparity in mammals, by G. B. SHARMAN. - 3. Selection for reproductive success, by P. A. JEWELL. - 4. The origin of species, by R. V. SHORT. - 5. Specialization of gametes, by C. R. AUSTIN.

AVRETT, E. H. (ed.) - FRONTIERS OF ASTROPHYSICS
Harvard University Press, London, 1976
VIII+554 pp., figs. and tables, £15.00

This book can be used as classroom reading, either as a main text or as supplementary reading in astronomy or physics courses, and it can be read with profit by anyone who wants current knowledge presented without complex mathematical arguments. Published within months after the contributions were written, this book is the most convenient and contemporary source on these topics: formation of the solar system; new developments in solar research; early phases of stellar evolution; endpoints of stellar evolution; neutron stars, black holes, and supernovae; infrared astronomy; gaseous nebulae and their interstellar environment; chemistry of the interstellar medium; radio observations of galactic masers; active galaxies; galaxies and cosmology; the mass of the universe and intergalactic matter.

BAGNI, B., CANDINI, G. C., BIOLCATI, A. R. and FORMIGONI, W. - RADIOPROTEZIONE
Piccin Editore, Padova, 1977
XII+196 pp., figs., tables and plates, L. 10.000

L'opera rappresenta il frutto dell'impegno didattico degli Autori nell'ambito della Scuola per Tecnici di Radiologia dell'Arcispedale Sant'Anna di Ferrara e risponde ad una necessità per lo svolgimento del programma di insegnamento della Radioprotezionistica in tali Scuole. Nella loro esposizione gli Autori si sono posti l'obiettivo di una informazione unitaria ed armonica, per fornire al Lettore le nozioni fisiche, biologiche e pratiche che gli consentano di svolgere con sicurezza la sua attività professionale quotidiana.

BALLESIO, P. L., FEROCI, L. and RICOTTA, E. - L'UOMO E L'AMBIENTE: ASPETTI TERMICI
Series: Collana Monografica di Fisica Medica, Vol. 1
Piccin Editore, Padova, 1976
90 pp., figs. and tables, L. 1.500

CONTENTS. - I. Richiami dei concetti fisici fondamentali. - II. Calorimetria e calorimetri per l'uomo. - III. Scambi termici tra uomo e ambiente. - IV. Scambi termici all'interno del sistema uomo.

BASAR, E. - BIOPHYSICAL AND PHYSIOLOGICAL SYSTEMS ANALYSIS
Addison-Wesley Publishing Company, Reading, 1976
XVII+429 pp., figs. and tables, $12.50

CONTENTS. - 1. Introduction. - 2. Definitions and Concepts. - 3. Biological Systems Analysis Program. - 4. The Circulatory Autoregulation. - 5. Smooth Muscle Contraction. - 6. Nonlinearities in Biology. - 7. Electrical Signals from the Brain. - 8. An Overview. - 9. Conclusion.

BASHKIN, S. (ed.) - BEAM-FOIL SPECTROSCOPY
Series: Topics in Current Physics, Vol. 1
Springer-Verlag, Berlin, 1976
XIII+318 pp., figs., DM 69,—

CONTENTS. - 1. Experimental Methods, by S. BASHKIN. - 2. Studies of Atomic Spectra by the Beam-Foil Method, by I. MARTINSON. - 3. Lifetime measurements, by L. J. CURTIS. - 4. Theoretical Oscillator Strengths of Neutral, Sigly-Ionized, and Multiply-Ionized Atoms: The Theory, Comparisons with Experiment, and Critically-Evaluated Tables with New Results, by O. SINANOGLU. - 5. Regularities of Atomic Oscillator Strengths in Isoelectronic Sequences, by W. WIESE. - 6. Applications to Astrophysics: Absorption Spectra, by W. WHALING. - 7. Applications of Beam-Foil Spectroscopy to the Solar Ultraviolet Emission Spectrum, by L. HEROUX. - 8. Studies of Hydrogen-Like and Helium-Like Ions of High Z, by R. MARRUS. - 9. Coherence, Alignment, and Orientation Phenomena in the Beam-Foil Light Source, by J. MACEK and D. BURNS. - 10. The Measurement of Autoionizing Ion Levels and Lifetimes by Fast Projectile Electron Spectroscopy, by I. A. SELLIN.

BECHTLE, W. - INTRODUZIONE ALLA MACROFOTOGRAFIA
Series: Kosmos
Editrice La Scuola, Brescia, 1976
68 pp., figs., L. 1.400

Il volumetto si rivolge agli amici della natura in generale. Esso si mantiene ad un livello intermedio tra la divulgazione e il linguaggio scientifico, è rivolto soprattutto a quanti intendono affrontare questa attività anche per la prima volta, senza nessuna particolare esperienza precedente. Il discorso parte dagli aspetti tecnici della macrofotografia, con una breve introduzione sull'ottica, e passa poi ad analizzare i problemi che si presentano ad un macrofotografo. Esso è corredato da una ampia documentazione fotografica in tutti i campi del mondo naturale.

BELLAIRS, A. D'A. and COX, C. B. - MORPHOLOGY AND BIOLOGY OF REPTILES
Series: Linnean Society Symposium Series, Vol. 3
Academic Press, London, 1976
XI+290 pp., figs. and tables, £14.50

This book, the proceedings of a Linnean Society Symposium held in September 1975, contains articles by fourteen authorities from Europe and the USA, and reflects some of the most interesting and significant trends in the study of reptiles,

both living and extinct. Some of the contributions are in review form, while others describe original work that has been undertaken. Many fields are covered — traditional areas such as palaeontology and systematics, as well as newer ones such as functional anatomy, histology, physiology and ecology.

BELLI, L., FORTI, D. and PUTTINI, M. - SPLENORENAL ANASTOMOSES
Piccin Medical Books, Padova, 1976
121 pp., figs., tables and plates, $10.00

This monograph investigates the field of splenorenal anastomoses. More than one hundred patients who underwent this type of operation have been matter of a thorough study. The chapter dealing with the surgical problems reports many informations on problems of this type of porto-systemic anastomoses.

BIANCHI, G. and MUSSINI, T. - ELETTROCHIMICA
Tamburini/Masson Editori, Milano, 1976
XVIII+436 pp., figs. and tables, L. 24.000

CONTENTS. - I. Generalità e definizioni. Tavola cronologica. 1. Storia e sviluppi dell'elettrochimica. - 2. I sistemi elettrochimici. - 3. Stechiometria delle reazioni elettrochimiche. - 4. Polarizzazione dei sistemi elettrochimici. - II. Elettroliti. 5. Considerazioni generali sugli elettroliti. - 6. Elettroliti solidi. - 7. Sali fusi. - 8. Soluzioni elettrolitiche. - III. Energetica elettrochimica. 9. Termodinamica elettrochimica. - 10. Misure di forze elettromotrici (F.E.M.) non dipendenti dalla concentrazione dell'elettrolita; determinazione di grandezze termodinamiche. - 11. Misure di F.E.M. dipendenti dalla composizione della soluzione termodinamica delle soluzioni. - IV. Semielementi galvanici. 12. Classificazione dei semielementi galvanici. - 13. F.E.M. dei semielementi galvanici in condizioni standard; normalizzazioni di segnatura. - 14. Serie elettrochimica e convenzioni di segno. - 15. Coefficienti di temperatura. - 16. Convenzioni termodinamiche ed elettrochimiche per i semielementi galvanici. - 17. Entropia degli ioni; scala termodinamica, scala elettrochimica, scala assoluta. - 18. Alcune considerazioni sulla serie elettrochimica dei potenziali standard. - 19. Potenziale dei semielementi galvanici: dipendenza dalla concentrazione. - 20. Membrane e fenomeni elettrochimici di membrana. - 21. Rappresentazione grafica dell'equilibrio elettrochimico dei semielementi galvanici. - 22. Diagrammi potenziale-pH (diagrammi di Pourbaix). - V. Doppio stato elettrico. 23. Equilibri eterogenei in presenza di speci cariche mobili. - 24. Termodinamica dell'interfase. - 25. Struttura del doppio strato. - VI. Cinetica elettrochimica. 26. Cinetica elettrochimica, polarizzazione, sovratensione. - 27. Elementi galvanici in corto circuito, e potenziali misti: diagrammi di Evans. - 28. Passività e transpassività.

BISOGNO, P. - INTRODUZIONE ALLA POLITICA DELLA SCIENZA
Series: Scienza e società, Vol. 2
Franco Angeli Editore, Milano, 1907
310 pp., L. 6.000

CONTENTS. - I. La Scienza. 1. Premessa. - 2. Antichità e medioevo. - 3. Età moderna. - 4. Età contemporanea. - 5. Neopositivismo. - 6. Principi metodologici. - 7. Matematica e logica. - 8. Visione marxiana della scienza. - 9. Profili metafisici della scienza. - 10. Tecnologia e tecnica. - II. Scienza e politica. 1. Premessa. - 2. Scienza e politica. - 3. Scienza e futuro. - III. Politica della scienza: modelli. 1. Politicizzazione della scienza. - 2. Partecipazione. - 3. Scientifizzazione della politica. - 4. La libertà e la scienza. - 5. Sociologia della scienza. - 6. Conclusioni.

BLESIO, P. - GUARDIAMO GLI INSETTI
Editrice La Scuola, Brescia, 1976
646 pp., figs., L. 12.000

Il libro si presenta come un'ampia e coordinata rassegna del mondo degli Insetti presentata sotto forma di schede riccamente illustrate secondo un rigoroso metodo scientifico. L'inquadramento sistematico, le dettagliate notizie di carattere descrittivo e biologico servono a precisare le caratteristiche delle specie via via trattate. Una appendice che presenta gli Insetti divisi secondo l'ambiente in cui è più facile seguirli, una ricchissima bibliografia ed un accurato indice analitico, ne fanno una preziosa opera di consultazione ed un efficace strumento di lavoro nel corso di attività scolastiche, di interesse quindi per studenti ed insegnanti.

BONADONNA, T. - ETNOLOGIA ZOOTECNICA
Series: Trattato di scienza e tecnica delle produzioni animali, Vol. 6
UTET, Torino, 1976
XII+788 pp., tables and plates, L. 28.000

CONTENTS. - I. Razze bovine e zebuine. - II. I suini. - III. Razze ovine e caprine. - IV. Razze equine.

BOYER, C. B. - STORIA DELLA MATEMATICA
Series: Collana di storia della scienza e della tecnica, Vol. 1
Istituto Editoriale Internazionale, Milano, 1976
XV+735 pp., figs., L. 16.000

CONTENTS. - 1. Le origini. - 2. L'Egitto. - 3. La Mesopotamia. - 4. La Ionia e i pitagorici. - 5. L'Età eroica. - 6. L'Età di Platone e di Aristotele. - 7. Euclide di Alessandria. - 8. Archimede di Siracusa. - 9. Apollonio di Perga. - 10. Trigonometria e misurazione nella Grecia antica. - 11. Rinascita e declino della matematica greca. - 12. La Cina e l'India. - 13. L'egemonia araba. - 14. L'Europa nel Medioevo. - 15. Il Rinascimento. - 16. Preludio alla matematica moderna. - 17. La matematica al tempo di Fermat e di Descartes. - 18. Periodo di transizione. - 19. Newton e Leibniz. - 20. L'epoca dei Bernoulli. - 21. L'epoca di Eulero. - 22. I matematici della Rivoluzione francese. - 23. L'Età di Gauss e di Cauchy. - 24. L'Età eroica della geometria. - 25. L'aritmetizzazione dell'analisi. - 26. La nascita dell'algebra astratta. - 27. Aspetti della matematica del XX secolo.

BRIANT, J. A. (ed.) - MOLECULAR ASPECTS OF GENE EXPRESSION IN PLANTS
Series: Experimental Botany, An International Series of Monographs, Vol. 11
Academic Press, London, 1976
IX+338 pp., figs. and tables, £9.60

This book deals specifically with gene expression in plants; as a result, advanced undergraduates, research workers including postgraduates, and also lecturers working in the fields of botany, plant physiology, molecular biology, biochemistry and genetics should find this volume particularly welcome. The first three chapters describe the physico-chemico properties of DNA and RNA and show how these properties relate to the occurrence and role of these molecules in living plants. They also deal with the process of gene expression and its control at the biochemical level. The fourth chapter discusses the genomes and protein synthesising systems of the organelles involved in energy metabolism. The final chapters relate gene expression to plant growth, development and differentiation and link the biochemical controls of gene expression to the growth and physiology of the plant.

BRICHETTI, P. - ATLANTE ORNITOLOGICO ITALIANO
Rassegna sistematica di tutti gli uccelli d'Italia, 2 Vols.
Edizioni F.lli Scalvi, Brescia, 1976
555 pp., figs. and plates, L. 40.000

Questo nuovo Libro sugli Uccelli Italiani si evidenzia in particolare per la semplice e precisa esposizione di tutta la materia trattata, presentata al lettore in modo chiaro e conciso, senza nulla togliere al rigore scientifico di una vera opera di consultazione. Ogni specie è trattata sotto il profilo della più diretta identificazione, dalle caratteristiche morfologiche distintive al comportamento, dalla riproduzione all'attuale posizione e distribuzione nel nostro paese. L'autore è riuscito ad inquadrare e sintetizzare la nuova situazione Avifaunistica Italiana, adeguandola alle sopravvenute mutazioni ambientali ed espansioni demografiche. Di valido e prezioso aiuto risulteranno le numerose *Cartine di nidificazione*, frutto di una attenta raccolta ed elaborazione dei dati remoti e recenti più attendibili. Interessante complemento al materiale illustrativo saranno le molteplici tavole che raffigurano le sagome degli uccelli più caratteristici, in volo e posati, fermati nei loro atteggiamenti più tipici e distintivi. Notevole e di alto livello è il materiale fotografico.

BURTON, M. - GUIDE TO THE MAMMALS OF BRITAIN AND EUROPE
Elsevier-Phaidon, Oxford, 1976
256 pp., figs. and tables, £1.95

This volume is a field guide for naturalists, amateur or professional, in any part of the countryside of Europe. It discusses over 230 species from hedgehogs to reindeer, from alpine shrews to Ogner's dormouse, giving full details of appearance, distribution, habitat and behaviour. The illustrations of animals, spoor-prints and droppings will enable the reader to identify each animal without difficulty. The text includes a general discussion of European fauna and its evolution. It then deals with individual species in their ecological habitats — taiga, tundra, alpine, forests, woods, mediterranean.

CANELLA, M. F. and ROCCHI-CANELLA, I. - BIOLOGIE DES OPHRYOGLENINA
(Ciliés Hyménostomes Histophages)
Series: Contributions à la connaissance des Ciliés, Vol. 8
Annali dell'Università di Ferrara (Nuova Serie), Sezione III - Biologia animale, Supplemento II al Volume III
Università degli Studi di Ferrara, Ferrara, 1976
VIII+510 pp., figs. and tables, No price stated

CONTENTS. - I. Contribution à la connaissance des Ophryoglènes. - II. Les *Ophryoglenidae* d'après l'Ecole de Clermont. Révision critique. - III. Connaissances et méprises, anciennes et récentes, sur *Ichthyophthirius multifiliis* Fouquet, 1876.

CANNELL, M. G. R. and LAST, F. T. (eds.) - TREE PHYSIOLOGY AND YIELD IMPROVEMENT
Academic Press, London, 1976
XII+567 pp., tables, £15.00

This book presents the proceedings of a joint conference of physiologists and tree breeders concerned with « Physiological Genetics of Forest Tree Yield » held at Middleton Hall Conference Centre, Gorebridge, Scotland, from 13th to 21st July 1975, under the auspices of the International Union of Forest Research Organisations. It examines the physiological basis of inherent differences in tree yield, and considers how this information may be exploited in tree breeding. In order to facilitate a detailed discussion the book is restricted to wood yield as the breeding objective. The book is directed primarily to forest tree breeders and research physiologists but will also be of interest to horticulturalists, foresters and botanists.

CANUTO, G. and TOVO, S. - MEDICINA LEGALE E DELLE ASSICURAZIONI
Piccin Editore, Padova, 1977 (7th Ed.)
X+501 pp., figs. and tables, L. 12.000

CONTENTS. - 1. Deontologia. - 2. Valutazione medico-legale del danno nella persona. - 3. Traumatologia. - 4. Tossicologia. - 5. Asfissiologia. - 6. Altre cause di danno. - 7. Afrodisiologia forense. - 8. Ostetricia forense. - 9. Infanticidio. - 10. Psicopatologia forense. - 11. Tanatologia. - 12. Identificazione. - 13. Medicina delle assicurazioni. - 14. Appendice.

CERCIGNANI, C. - SPAZIO TEMPO MOVIMENTO
Introduzione alla meccanica razionale
Zanichelli Editore, Bologna, 1976
XI+265 pp., figs., L. 7.800

CONTENTS. - 1. Nozioni fondamentali di cinematica. - 2. Nozioni fondamentali di dinamica e statica. - 3. Vincoli e corpi rigidi. - 4. Aspetti notevoli del calcolo di equilibri e movimenti. - 5. Meccanica analitica. - 6. Meccanica dei corpi continui deformabili. - 7. Dimensioni, unità di misura, similitudine.

CHAMABADAL, P. - LA TURBINE À GAZ
Collection de la Direction des Etudes et Recherches d'Electricité de France, Vol. 26
Eyrolles Editeur, Paris, 1976
XII+229 pp., figs. and tables, No price stated

Ce livre a été conçu de manière à fournir des renseignements suffisamment complets sur le fonctionnement et sur les possibilités d'utilisation de la turbine à gaz, sans entrer dans les détails de sa construction. L'exposé consacré au fonctionnement comporte une étude des cycles thermodynamiques et des principaux composants (compresseur, turbine, chambre de combustion).

CITTADINI, E. - LA STERILITÀ UMANA
Piccin Editore, Padova, 1976
742 pp., figs., tables and plates, L. 35.000

CONTENTS. - I. Introduzione. - II. Richiami essenziali di anatomia degli organi genitali e di fisiologia della riproduzione umana. - III. Accostamento razionale al problema dello studio della coppia sterile. - IV. Fattori etiologici di sterilità. - V. Lo studio della coppia sterile. - VI. Il fattore maschile di sterilità. - VII. Varicocele e sterilità. - VIII. Criptorchidismo e sterilità. - IX. La sterilità di origine immunologica. - X. La inseminazione terapeutica. - XI. I fattori vulvo-vaginali come causa di sterilità. - XII. Il fattore cervicale di sterilità. - XIII. La sterilità di origine uterina. - XIV. Il fattore tubarico di sterilità. - XV. Fattori endocrini di sterilità della donna. - XVI. La celioscopia nel bilancio della sterilità inspiegata. - XVII. Endometriosi e sterilità. - XVIII. La sterilità di origine genetica. - XIX. La sterilità di coppia. - XX. La sterilità psicosomatica e il suo trattamento.

CITTADINI, E., QUARTATARO, P. and SCHOYSMAN, R. - THE SURGICAL MANAGEMENT OF STERILITY
Piccin Medical Books, Padova, 1976
VIII+151 pp., figs., tables and plates, $10

CONTENTS. - 1. Metroplasty. - 2. Treatment of uterine deplacements. - 3. Myomectomy. - 4. Division of adhesions and symphyses in the treatment of sterility. - 5. Isthmectomy. - 6. Plastic surgery of the uterine cervix for sterility or infertility. - 7. Cervical cerclage. - 8. Salpingoplasty. - 9. Wedge resection of the ovary. - 10. Celioscopic ovarian resection. - 11. The surgical management of epididymal blocks. - 12. Surgical repair of congenital anomalies of the epididymis. - 13. The cure of varicocele. - 14. Correction of vasectomy. - 15. Hemicastration. - 16. General conclusions.

COLOMBO, S. - LES ÉQUATIONS AUX DÉRIVÉES PARTIELLES EN PHYSIQUE ET EN MÉCANIQUE DES MILIEUX CONTINUS
Masson Editeur, Paris, 1976
VIII+188 pp., figs., No price stated

CONTENTS. - 1. Considérations générales sur les équations aux dérivées partielles. - 2. Modèles mathématiques utilisés en mécanique et en physique. - 3. Equations

du premier ordre. - 4. Equations du second ordre. - 5. Equations hyperboliques. Propagations d'ondes. - 6. Potentiels newtoniens. Equation de Laplace. - 7. La équation de diffusion.

*** COMPUTATIONAL METHODS AND PROBLEMS IN AERONAUTICAL FLUID DYNAMICS
Academic Press, London, 1976
XIV+525 pp., figs., £12.00

This book is based on the proceedings of a conference organised by The Institute of Mathematics and its Applications, held at the University of Manchester in September 1974. It provides a comprehensive review of recent developments in numerical fluid mechanics as applied in aerodynamics and contains accounts of many new methods and ideas. The editors feel that the book will be readily comprehensible both to those involved with aeronautical fluid flow problems and mathematicians working on numerical solutions to partial differential equations.

CORNBLEET, S. - MICROWAVE OPTICS
The Optics of Microwave Antenna Design
Series: Pure and Applied Physics, Vol. 41
Academic Press, London, 1977
XVII+416 pp., figs. and tables, £15.80

CONTENTS. - 1. Lenses and reflectors. - 2. Non-uniform media. - 3. Scalar diffraction theory of the circular aperture. - 4. The synthesis of far field radiation patterns. - 5. Polarization. - 6. Progress in optics. - Appendix I. The laws of refraction and reflection. - Appendix II. The circle polynomials.

COWLING, T. G. - MAGNETOHYDRODYNAMICS
Series: Monographs on Astronomical Subjects
Adam Hilger, London, 1976
X+136 pp., figs. and tables, £10.00

CONTENTS. - 1. General Principles. - 2. Magnetohydrostatics. - 3. Waves and Oscillations. - 4. Dynamic Instability and Convection. - 5. Dynamo Theories. - 6. Rarefied Plasmas.

CROSIGNANI, P. G. and MISHELL, D. R. (eds.) - OVULATION IN THE HUMAN
Academic Press, London, 1976
XIV+317 pp., figs. and tables, £8.80

The book contains the papers presented by the scientists invited to this symposium. Their efforts summarize the recent advances in our knowledge of the human ovulatory process.

CURIO, E. - THE ETHOLOGY OF PREDATION
Series: Zoophysiology and Ecology, Vol. 7
Springer-Verlag, Berlin, 1976
X+250 pp., figs. and tables, DM 72,—

The author presents a detailed picture of observational and experimental work on the searching, hunting, and killing methods of animal predators. Attention is focused upon the more recent advances that have been made towards an understanding of the intricate relationships of predatory behavior and properties of the prey. The ways in which predators exert selections pressures upon their prey will permit a more complete assessment than has been possible thus far of the nature of one of the major forces in evolution. Selection of topics from a vast literature places emphasis on the behavior of the predator as a mature animal and on topics that link ethological results with modern ecology, e.g. « optimal foraging theory ». Anti-predator mechanisms of prey animals are treated from the view point of investigating the adaptedness of predatory behavior.

DAVIES, E. B. - QUANTUM THEORY OF OPEN SYSTEMS
Academic Press, London, 1976
IX+171 pp., £7.50

CONTENTS. - 1. Mathematical Background. - 2. Operational Ideas. - 3. Continuous Measurements. - 4. Operation-Valued Measures. - 5. Statistical Properties of Quantum Fields. - 6. The Generalised Wigner-Weisskopf Atom. - 7. Contraction Semigroups on Hilbert Space. - 8. Quantum and Classical Fields. - 9. Hamiltonian Formalism. - 10. General Theory of Open Systems.

DAVIS, R. A. and ETHINGTON, R. L. (eds.) - BEACH AND NEARSHORE SEDIMENTATION
Proceedings of the 1975 SEPM Research Symposium held in Dallas
Series: Special Publications, Vol. 24
Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Tulsa, 1976
VII+187 pp., figs., tables and plates, No price stated

CONTENTS. - 1. Wheater Patterns and Coastal Processes, by W. T. FOX and R. A. DAVIS JR. - 2. Continental Shelf Wave Climate Models: Critical Links Between Shelf Hydraulics and Shoreline Processes, by V. GOLDSMITH. - 3. Evaluation of Longshore Current Velocities and Sand Transport Rates Produced by Oblique Wave Approach, by P. D. KOMAR. - 4. Approaches to Wave Modeling, by J. I. COLLINS. - 5. Sand Fountains in the Surf Zone, by B. BRENNINKMEYER. - 6. Role of Vortices in Surf Zone Prediction: Sedimentation and Wave Forces, by R. L. MILLER. - 7. Swash-Groundwater-Beach Profile Interaction, by E. WADDELL. - 8. Wave-Formed Sedimentary Structures: A Conceptual Model, by H. E. CLIFTON. - 9. Facies Relationships on a Barred Coast, Kouchibouguac Bay, New Brunswick, Canada, by R. G. D. DAVIDSON-ARNOTT and B. GREENWOOD. - 10. Interaction of Biological and Geological Processes in the Beach and Nearshore, Northern Padre Island, Texas, by G. W. HILL and R. E. HUNTER.

DIJKSMAN, E. A. - MOTION GEOMETRY OF MECHANISMS
Cambridge University Press, Cambridge, 1976
XVI+288 pp., figs., £9.25

The author provides a simple introduction to the geometry of motion in a way suitable for use by undergraduate students of mechanical engineering or applied mathematics. Basic definitions and descriptions of simple motions are given to

provide a framework within which to look at more complex machines. Frequent reference is made to real apparatus which uses the mechanism under discussion and the whole text is amply illustrated with diagrams.

DONATI, L., BURKE, J. and BERTELLI, A. (eds.) - TREATMENT OF BURNS
Proceedings of the Second International Symposium on Pharmacological Treatment in Burns, Milano - Manguzzo, Aprile 1973
Piccin Medical Books, Padova, 1976
266 pp., figs., tables and plates, $20

This volume gathers 35 papers presented at the Symposium and dealing with treatment of burns in a very extensive way.

DUBIN, N. - A STOCHASTIC MODEL FOR IMMUNOLOGICAL FEEDBACK IN CARCINOGENESIS: ANALYSIS AND APPROXIMATIONS
Series: Lecture Notes in Biomathematics, Vol. 9
Springer-Verlag, Berlin, 1976
XIII+163 pp., figs. and tables, DM 20,—

CONTENTS. - 1. Introduction. - 2. Background of Statistical Studies of Carcinogenesis. - 3. Immunological Response as a Factor in Carcinogenesis. - 4. The Mathematical Model. - 5. Some Unsuccessful Approaches to the Approximation Problem. - 6. Stochastic Linearization. - 7. van Kampen's Method. - 8. Method of Linearized Transition Probabilities. - 9. The Quadratic Death Process. - 10. The Collective Model. - 11. Further Implications of the Immunological Feedback Model. - 12. Conclusion.

EDWARDS, A. W. F. - FOUNDATIONS OF MATHEMATICAL GENETICS
Cambridge University Press, Cambridge, 1977
VIII+119 pp., tables, £5.80

The book is primarily written for those professionally interested in the mathematical aspects of genetics, ecology, and biology generally. Advanced students in mathematical genetics will find it complementary to the established textbooks, and historians of the subject will book to it for a definitive statement of the origins of modern mathematical population genetics.

CONTENTS. - 1. The genetic model. - 2. Two alleles at a single locus. - 3. Two alleles using homogeneous coordinates. - 4. Many alleles at a single locus. - 5. The special case of three alleles. - 6. An X-linked locus. - 7. Miscellaneous single-locus models. - 8. Two diallelic loci.

EVELETH, PH. B. and TENNER, J. M. - WORLDWIDE VARIATION IN HUMAN GROWTH
Series: International Biological Programme, Vol. 8
Cambridge University Press, Cambridge, 1976
XIV+498 pp., figs. and tables, £20.00

Originally based on studies carried out under the International Biological Programme, the compilation has been greatly enlarged to include all known reliable recent results on height, weight, skinfolds and other body measurements, many

unpublished, from all parts of the globe. These are the tools with which to monitor the health and growth of children in any population, for they supply the comparative data by which to judge healthy growth. Many sections of the book dwell on disentangling the effects of the environment and heredity on growth. Written by practical people with experience of the problems in developing countries, this book explains in simple terms the different sorts of growth surveys, how to set about making them, and which sort to choose. All who are professionally concerned with child health should read it.

FEDIGAN, L. M. - A STUDY OF ROLES IN THE ARASHIYAMA WEST TROOP OF JAPANESE MONKEYS
(*Macaca fuscata*)
Series: Contributions to Primatology, Vol. 9
S. Karger, Basel, 1976
VII+95 pp., tables, SFr. 49.—

This monograph reports on part of a two-year study of the Arashiyama West troop of Japanese monkeys, in which multivariate statistics are used to test the assumption of normative rather than idiosyncratic differentiation of behavior.

FEIWEL, G. R. - THE INTELLECTUAL CAPITAL OF MICHAL KALECKI
A study in Economic Theory and Policy
The University of Tennessee Press, Knoxville, 1975
XXII+583 pp., $22.50

In this complete appraisal of his contributions, George Feiwel points up the relevance of Kalecki's policy prescriptions to the contemporary scene. The author also relates Kalecki's work to the mainstream of economic theory and policy while providing biographical highlights as a means of probing the development of major ideas. The deep frustrations faced by Kalecki as he attempted to implement his concepts are also discussed. The result of George Feiwel's efforts is a discerning and fascinating study of a pivotal economist.

CONTENTS.- I. Modern Capitalism. - II. The War Economy. - III. Growth, Planning and Consumption.

FENNER, F. - CLASSIFICATION AND NOMENCLATURE OF VIRUSES
Second Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses
S. Karger, Basel, 1976
115 pp., SFr. 15.—

This report brings up-to-date the continuing work of the International Committee on Taxonomy of Viruses, one of the most important activities of the Virology Section of the International Association of Microbiological Societies. The major part of the report is concerned with the detailed description of the properties of each virus group and their classification into families, genera and species. The virus categories are arranged according to the kinds of host (vertebrates, plants, bacteria of invertebrates) that members of a group infect. The descriptions and classifications are derived from the work of large numbers of international virologists who serve on the various subcommittees and study groups of ICTV.

FRANZ, J. M. and KRIEG, A. - BIOLOGISCHE SCHÄDLINGS-BEKÄMPFUNG
Series: Pareys Studientexte, Vol. 12
Verlag Paul Parey, Berlin, 1976 (II Ed.)
222 pp., tables, DM 29,—

CONTENTS. - 1. Die Dynamik natürlicher Populationen. - 2. Die Verfahren nichtbiologischer Schädlingsbekämpfung. - 3. Eigenarten der biologischen Verfahren. - 4. Verwendung von Wirbeltieren. - 5. Verwendung von anderen Wirbellosen. - 7. Biologische Unkrautbekämpfung. - 8. Selbstvernichtungsverfahren. - 9. Mikrobiologische Schädlingsbekämpfung. - 10. Mikrobiologische Bekämpfung von Insekten und anderen Arthropoden. - 11. Mikrobiologische Bekämpfung von anderen Wirbellosen. - 12. Mikrobiologische Bekämpfung von Wirbeltieren. - 13. Mikrobiologische Bekämpfung von Unkräutern. - 14. Mikrobiologische Bekämpfung von Schadmikroben und Viren. - 15. Biotechnische Verfahren. - 16. Integrierte Schädlingsbekämpfung. - 17. Rückblick und Ausblick.

FRANZ, J. M. and KRIEG, A. - LA LOTTA BIOLOGICA
Un esempio di ecologia applicata
Edagricole, Bologna, 1976
XVI+208 pp., figs. and tables, L. 3.800

CONTENTS. - 1. Equilibrio naturale o lotta contro le specie dannose. - 2. Tecniche della lotta non biologica contro le specie dannose. - 3. Tipi di lotta biologica. - 4. Utilizzazione di vertebrati. - 5. Uso degli atropodi. - 6. Uso di vermi e gasteropodi. - 7. Uso di agenti patogeni. Lotta microbiologica contro le specie dannose. - 8. Lotta biologica contro le erbe infestanti. - 9. Metodi di autocidio. - 10. Metodi biotecnici. - 11. Lotta integrata contro le specie dannose. - 12. Sguardo retrospettivo e panorama generale.

FREEMAN, E. (ed.) - THE ABDICATION OF PHILOSOPHY: PHILOSOPHY AND PUBLIC GOOD
Open Court Publishing Company, La Salle, Illinois, 1976
328 pp., plates, $19.50

Eugene Freeman says in his Preface that it has become evident in recent years that « significantly fewer philosophers were abdicating their human responsibilities to wander fruitlessly in the labyrinths of analytical philosophy, in which too many philosophers have been lost for almost three decades », The present volume of essays on *Philosophy and the Public Good* is testimony that philosophy has once again become a human enterprise, a battle in which Schilpp has been a leader for over five decades.

FRIEND, J. and THRELFALL, D. R. (eds.) - BIOCHEMICAL ASPECTS OF PLANT-PARASITE RELATIONSHIPS
Academic Press, London, 1977
XIV+354 pp., figs. and tables, £10.80

The volume includes papers on the genetics of fungal plant interactions and on the structural features both of infection and of resistance. It will encourage plant biochemists to look at both structure and genetics as aspects of their investigations

as it is often through an understanding of the structural and genetical basis of the plant-parasite interaction that a sensible biochemical explanation can be given. This book will be of considerable value to research workers, postgraduates and undergraduates taking specialized courses in physiological plant pathology.

FULLER, R. and LOVELOCK, D. S. (eds.) - MICROBIAL ULTRASTRUCTURE
Series: The Society for Applied Bacteriology Technical Series, Vol. 10
Academic Press, London, 1976
xv+340 pp., tables and plates, £10.80

The book records the proceedings of a demonstration meeting held by the Society for Applied Bacteriology in October 1974. The contributors to this meeting were investigating several different aspects of microbial ultrastructure, all using the electron microscope, but each following individual methods. In the papers presented here, these methods are carefully documented for the benefit of the reader engaged in his own research. The contributions extend from fundamental studies on cell appendages and subcellular organelles to work on the relationship between structure and habitat. The book mainly concerns bacterial ultrastructure, but includes chapters on yeasts, filamentous fungi, algae and protozoa.

GIESE, P., PRODHEL, C. and STEIN, A. (eds.) - EXPLOSION SEISMOLOGY IN CENTRAL EUROPE
Data and Results
Series: Crustal and Upper Mantle Structure in Europe, Monograph No. 1
Springer-Verlag, Berlin, 1976
xiv+429 pp., figs., tables and maps, DM 146,—

This book is a review and summary of explosion-seismology investigations of crustal and upper-mantle structure in central Europe since 1947 to the present. The emphasis is laid on the presentation of all data obtained from a systematic 20-years' observation of quarry blasts in western Germany and their evaluation. After introductory chapters on the main geological features and some brief reviews of methods and results of other closely related geophysical investigations, the data, techniques and problems of the associated field work are presented. Current evaluation methods are discussed with their results for selected areas as well as for the whole of central Europe. Included are also a review of the seismic investigations in the Alps and comparisons with some of the data of Eastern Europe and North America and their interpretation by the methods applied on the central European data.

GIUDICE, G. and SERRA, G. C. - INTERFERENZE FARMACOLOGICHE IN ANESTESIOLOGIA E RIANIMAZIONE
(e altre situazioni cliniche)
Piccin Editore, Padova, 1977
vii+211 pp., tables, L. 10.000

Questa pubblicazione non vuole e non può essere un manuale di Farmacologia o di Farmacologia Clinica. È un lavoro elaborato da Anestesisti-Rianimatori destinato in particolare agli Anestesisti-Rianimatori, maturato attraverso esperienze che hanno permesso di identificare alcuni fra gli aspetti specifici più

delicati di detta attività. Essi consistono essenzialmente nel fatto che gli Anestesisti-Rianimatori svolgono un tipo particolare di lavoro, in stretta associazione con gli ambienti Chirurgici e di specialità Chirurgica che oggi, con un neologismo ormai entrato nella prassi, si potrebbe definire di tipo dipartimentale.

GUYTON, A. G. - TRATTATO DI FISIOLOGIA MEDICA
Piccin Editore, Padova, 1977
XXXII+1016 pp., figs. and tables, L. 28.000

CONTENTS. - I. Introduzione alla fisiologia: la cellula, fisiologia generale. - II. Cellule del sangue, immunità, coagulaziane. - III. Il cuore. - IV. Circolazione. - V. I liquidi corporei e la funzione renale. - VI. Respirazione. - VII. Fisiologia aeronautica, spaziale e delle profondità marine. - VIII. Il sistema nervoso ed i sensi speciali. - IX. L'apparato gastrointestinale. - X. Metabolismo e termoregolazione. - XI. Endocrinologia e riproduzione.

HAHN, M. E. and SIMMEL, E. C. (eds.) - COMMUNICATIVE BEHAVIOR AND EVOLUTION
Academic Press, New York, 1976
XVI+176 pp., figs. and tables, $11.50

CONTENTS. - 1. Evolution, Behavior, and Language, by P. H. KLOPPER. - 2. Genetics and Communication, by J. L. FULLER. - 3. Genetic Variation and the Evolution of Communication, by J. P. SCOTT. - 4. Evolution of Communication Patterns in Animals, by B. E. GINSBURG. - 5. Concerning the Evolution of Nonverbal Communication in Man, by TH. K. PITCAIRN and I. EIBL-EIBESFELDT. - 6. The Ontogeny and Phylogeny of Social Interactions, by R. B. CAIRNS. - 7. Cultural Evolution of Learned Language in Chimpanzees, by R. S. FOUTS and J. B. COUCH. - 8. Social Organization and the Evolution of Communication, by M. E. HAHN and E. C. SIMMEL.

HARRIGAN, W. F. and MCCANCE, M. E. - LABORATORY METHODS IN FOOD AND DAIRY MICROBIOLOGY
Academic Press, London, 1976
XII+452 pp., tables, £9.20

CONTENTS. - I. Basic Methods. - II. Techniques in Applied Microbiology. - III. Schemes for the Identification of Micro-organisms.

HARRIS, E. A., NEUTZE, J. M., SEELYE, E. R., SIMPSON, M. M. and TAYLOR, M. F. - TERAPIA INTENSIVA DELL'APPARATO CARDIORESPIRATORIO
Piccin Editore, Padova, 1977
XII+271 pp., figs. and tables, L. 8.000

La pubblicazione di questa monografia rappresenta una pietra miliare per l'attività cardiologica e cardiochirurgica dell'Ospedale Green Lane, in quanto è il primo libro elaborato da membri di questa Unità. Il volume rappresenta un 'vademecum' per le infermiere con mansioni di cura intensiva.

CONTENTS. - 1. Anatomia e fisiologia. - 2. Farmaci impiegati nella cura intensiva. - 3. Aspetti clinici della cura intensiva.

HARVEY, K. B. and PORTER, G. B. - INTRODUZIONE ALLA CHIMICA FISICA INORGANICA
Piccin Editore, Padova, 1976
x+422 pp., figs., tables and plates, L. 15.000

CONTENTS. - 1. Introduzione. - 2. Cristalli ionici. - 3. Struttura atomica. - 4. Termochimica. - 5. Struttura molecolare. - 6. Complessi dei metalli di transizione. - 7. Cristallochimica. - 8. Termodinamica. - 9. Soluzioni di elettroliti. - 10. Velocità e meccanismi delle reazioni.

HARZ, K. and KALTENBACH, A. - DIE ORTOPTEREN EUROPAS, VOL. 3
Series: Series Entomologica, Vol. 12
Dr. W. Junk b.v. Publishers, The Hague, 1976
434 pp., figs., Dfl. 140,—

Der 1. Band mit 770 Seiten und über 2300 Abbildungen umfasst die Ensifera, also die Familien Tettigoniidae, Gryllidae, Gryllotalpidae und Rhaphidophoridae. In Band 2 sind die Caelifera behandelt, im 3. Band werden die Cheleutoptera, Embioptera, Dermaptera und die Orthoptera s.lat.: Blattoptera, Mantodae und Isoptera behandelt.

HAYMAN, W. K. and KENNEDY, P. B. - SUBHARMONIC FUNCTIONS, VOL. 1
Series: London Mathematical Society Monographs, Vol. 9
Academic Press, London, 1976
XVIII+284 pp., £11.60

CONTENTS. - 1. Preliminary Results. - 2. Subharmonic Functions. - 3. Representation Theorems. - 4. Functions Subharmonic in Space. - 5. Capacity and Null Sets.

HENRY, R. J., CANNON, D. C. and WINKELMAN, J. W. (eds.) - TRATTATO DI CHIMICA CLINICA
Principi e tecniche, Vol. 1
Piccin Editore, Padova, 1977
XIV+405 pp., figs. and tables, L. 25.000

CONTENTS. - 1. Fotometria e spettrofotometria, by W. B. MASON and R. J. HENRY. - 2. Fotometria a fiamma e assorbimento atomico, by W. B. MASON. - 3. Fluorimetria, by S. L. JACOBS. - 4. Tecniche elettrometriche, by S. M. REIMER. - 5. Elettroforesi, by D. R. WYBENGA. - 6. Cromatografia, by B. N. HORWITT. - 7. Tecniche immunologiche, by I. OLITZKY. - 8. Tecniche radioisotopiche in vitro, by N. D. LEE. - 9. Tecniche e strumentazione micro e ultramicro, by F. A. IBBOTT. - 10. Automazione e calcolatori in linea, by R. E. THIERS. - 11. Reattivi pronti (Kits), by J. DI GIORGIO. - 12. Accuratezza, precisione e carte di controllo, by A. H. REED and R. J. HENRY. - 13. Valori normali, by R. J. HENRY and A. H. REED. - 14. Raccolta e conservazione dei campioni, by C. ALPER. - 15. Preparazione di filtrati aproteici, by R. J. HENRY and C. P. SZUSTKIEWICZ.

HESS, D. - LA PROGRAMMAZIONE DEL GENE
Fattori ereditari e sviluppo
Series: Kosmos
Editrice La Scuola, Brescia, 1976
78 pp., figs., L. 1.400

Il volumetto espone in maniera piana e con rigore scientifico gli aspetti fondamentali dei problemi di genetica, fino alle ultime acquisizioni, spiega il principio dell'evoluzione dell'attività differenziale dei geni, descrive istruttivi esperimenti, tratta le relazioni tra geni e ambiente, la fusione tra geni regolatori e geni strutturali. Esso costituisce una preziosa sintesi sull'argomento, arricchita da una documentazione iconografica di notevole rilievo.

HINKLEY, E. D. (ed.) - LASER MONITORING OF THE ATMOSPHERE
Series: Topics in Applied Physics, Vol. 14
Springer-Verlag, Berlin, 1976
XV+380 pp., figs., DM 97,—

CONTENTS. - 1. Introduction, by E. D. HINKLEY. - 2. Remote Sensing for Air Quality Management, by S. H. MELFI. - 3. Laser-light Transmission Through the Atmosphere, by V. E. ZUEV. - 4. Lidar Measurement of Particles and Gases by Elastic Backscattering and Differential Absorption, by R. T. H. COLLIS and P. B. RUSSELL. - 5. Detection of Atoms and Molecules by Raman Scattering and Resonance Fluorescence, by H. INABA. - 6. Techniques for Detection of Molecular Pollutants by Absorption of Laser Radiation, by E. D. HINKLEY, R. T. KU, and P. L. KELLY. - 7. Laser Heterodyne Detection Techniques, by R. T. MENZIES.

HOLLE, F. - CHIRURGIA GASTRICA
Piccin Editore, Padova, 1976
XXIX+976 pp., figs., tables and plates, L. 45.000

CONTENTS. - I. Principi delle operazioni sullo stomaco e sugli organi adiacenti. 1. Anatomia. - 2. Fisiologia e fisiopatologia gastrica. - 3. Diagnostica. - 4. Anestesiologia negli interventi epigastrici. - II. Interventi speciali sullo stomaco e sugli organi adiacenti. 5. Tecnica degli interventi non resettivi classici. - 6. Anomalie di forma, funzione e posizione, lesioni traumatiche e altre diverse malattie chirurgiche dello stomaco e del duodeno. - 7. L'ulcera gastro-duodenale. - 8. Le malattie chirurgiche benigne della zona di transito esofago-gastrica. - 9. Blastomi dello stomaco. - 10. Complicanze intra- e postoperatorie, reinterventi di trasformazione.

HUHEEY, J. E. - CHIMICA INORGANICA
Principi - Strutture - Reattività
Piccin Editore, Padova, 1977
XVI+735 pp., figs. and tables, L. 20.000

CONTENTS. - 1. Rassegna introduttiva sulla chimica inorganica. - 2. La struttura dell'atomo. - 3. Legame ionico. - 4. Legame covalente. - 5. Forze chimiche. - 6. Acidi e basi. - 7. Chimica in soluzioni acquose e non acquose. - 8. Chimica di coor-

dinazione: struttura e teoria. - 9. Chimica di coordinazione: struttura e reattività. - 10. Un po' di chimica descrittiva dei metalli di transizione. - 11. Chimica organometallica. - 12. Catene, anelli e gabbie nella chimica inorganica. - 13. La chimica degli alogeni e dei gas nobili. - 14. Lantanidi, attinidi ed elementi transattinidi. - 15. Periodicità. - 16. Chimica inorganica nei sistemi biologici.

HURLEY, A. C. - ELECTRON CORRELATION IN SMALL MOLECULES
Series: Theoretical Chemistry, Vol. 6
Academic Press, London, 1976
VIII+276 pp., figs. and tables, £10.50

CONTENTS. - 1. First Order Configuration Interaction and Valence Bond Methods. - 2. The Correlation Problem. - Appendix 1. Hole-Particle Formulation of the Cluster Expansion. - Appendix 2. The Secular Equations for ψ_{DE} and the Coupled-pair Equations in a Basis of Independent pair Natural Spin Orbitals.

HUXLEY, J. - LA GENETICA SOVIETICA E LA SCIENZA
Il caso Lysenko: un dibattito che continua
Series: Parametri, Vol. 6
Longanesi and C., Milano, 1977
CIII+215 pp., L. 5.000

Vengono ricostruite nel volume le tappe principali dell'itinerario politico, sociale e culturale che condusse, negli anni Trenta e Quaranta, al rifiuto da parte della cultura ufficiale sovietica di alcune tra le più notevoli acquisizioni scientifiche del nostro secolo.

CONTENTS. - 1. La controversia, sua natura e storia. - 2. La questione ideologica. - 3. La questione scientifica. - 4. La genetica come scienza. - 5. L'irregimentazione totalitaria del pensiero. - 6. La situazione della scienza.

*** IL CARDIOPATICO OPERATO
Atti del Corso di Aggiornamento Cardiologico tenuto a Milano il 19-21 Settembre 1973, Centro Cardiologico « A. De Gasperis » dell'Ospedale Maggiore Ca' Granda
Piccin Editore, Padova, 1977
VIII+374 pp., figs. and tables, L. 25.000

CONTENTS. - 1. Pace Maker. - 2. Protesi. - 3. Chirurgia delle coronaropatie. - 4. Commissurolisi mitralica. - 5. Cardiopatie congenite. - 6. Cardiopatie congenite.

INOUÉ, S. and STEPHENS, R. E. (eds.) - MOLECULES AND CELL MOVEMENT
Series: Society of General Physiologists Series, Vol. 30
Raven Press, New York, 1975
X+450 pp., tables and plates, $27.50

This volume surveys the detailed mechanisms and fine structural organization underlying such phenomena as mitotic chromosome movement, cytokinesis, ciliary and flagellar motility, amoeboid movement, extension of sperm acromosal filaments, and extensile and contractile elements in ciliates. The chapters assess

and update our understanding of the dynamic molecular and fine structural events in cell movements. The approach to each topic ranges from the physiological to the biochemical, with experiments reported on living cells, extracted cell models, isolated contractile molecules, and molecular assemblies. Side by side with data characterizing the contractile molecules, the relevant structures are displayed through electron microscopy, polarization, and other optical means. The topics covered here are finding important applications in biomedical fields as diverse as nerve and muscle growth, renal function, blood clotting, intestinal absorption, phagocytosis, gametogenesis, fertilization, embryogenesis, tissue regeneration, endocrinology, pharmacology, and immunology. Hence, this book cannot fail to fascinate and inform every biologist.

JAFFARD, P. - PROBABILITÉS
Series: Collection « Comprendre et Appliquer », Mathématiques Pratiques Elémentaires
Masson, Paris, 1976
VI+61 pp., tables, No price stated

Cet ouvrage se présente sous la forme d'exercices gradués et corrigés précédés de résumés. Il vise à enseigner le maniement du Calcul des Probabilités et la façon dont on peut l'utiliser dans ses applications les plus diverses (Informatique, Sciences de l'Ingénieur, Chimie, Biologie, Médecine, Economie...). Il conviendra particulièrement aux étudiants en Sciences expérimentales et en Sciences humaines et, plus généralement, à tous ceux qui désirent comprendre et manier cet outil, si puissant et aux applications aussi diverses et étendues, qu'est le Calcul des Probabilités.

JANNER, A., JANSSEN, T. and BOON, M. (eds.) - GROUP THEORETICAL METHODS IN PHYSICS
Series: Lecture Notes in Physics, Vol. 50
Springer-Verlag, Berlin, 1976
XIII+630 pp., tables, DM 50,—

CONTENTS. - 1. Gauge Groups, Elementary Particles. - 2. Geometric Quantization. - 3. Broken Symmetries. - 4. Coherent States. - 5. Atomic, Molecular, Solid State Physics. - 6. Mathematical Physics. - 7. Classical Mechanics, Quantum Mechanics, Field Theory, Statistical Mechanics. - 8. Educational.

JANTSCH, E. and WADDINGTON, C. H. (eds.) - EVOLUTION AND CONSCIOUSNESS
Human Systems in Transition
Addison-Wesley, Reading, 1976
XII+260 pp., tables, $9.50

CONTENTS. - I. Self-Transcendence: New Light on the Evolutionary Paradigm. - II. Formal Approaches to Evolving Systems. - III. Aspects of Sociocultural Evolution.

JENICEK, M. - INTRODUCTION À L'ÉPIDÉMIOLOGIE
Edisem Inc., St-Hyacinthe, Québec, and Maloine S.A., Paris, 1976
XLIX+400 pp., tables, Fr. 78

CONTENTS. - I. L'homme et l'environnement. - II. Mesure de l'état de santé de la population. - III. Epidémiologie descriptive. - IV. Epidémiologie analytique et expérimentale. - V. La collecte des données en épidémiologie. - VI. Epidémiologie générale des maladies contagieuses. - VII. Epidémiologie générale des maladies non contagieuses et/ou chroniques. - VIII. Méthodes épidémiologiques de contrôle et d'éradication des maladies. - IX. Influence des facteurs génétiques et de l'environnement sur la santé. - X. Orientation et avenir de l'épidémiologie.

JOHNSON, R. E. - SIR JOHN RICHARDSON
Taylor and Francis Ltd., London, 1976
XII+209 pp., figs. and tables, £15.00

This book include some 35 photographs and maps illustrating Richardson's life and achievements, but it also includes the first complete bibliographies of his printed books, chapters in books and articles in learned journals as well as many unpublished papers. Also included is the complete text of Richardson's thesis for his doctorate in medicine, written in 1816, but never previously published. A careful study of what Richardson did is rewarding and fascinating in its own right, but it also sheds much light on how our times came to be the way they are.

JONES, D. W. (ed.) - INTRODUCTION TO THE SPECTROSCOPY OF BIOLOGICAL POLYMERS
Academic Press, London, 1976
XII+328 pp., figs. and tables, £11.60

This book is intended to introduce the applications of spectroscopic techniques to undergraduate students as well as to more experienced biochemists, biophysicists and biologists. It will also appeal to chemists and physicists who wish to appreciate the application of spectroscopic methods to the study of biological polymers, both in the solid state and in solution.

JUGENHEIMER, R. W. - CORN
Improvement, seed production, and uses
John Wiley and Sons, Chichester, 1976
XVII+670 pp., figs. and tables, £23.35

CONTENTS. - I. Corn is especially well-suited for research and development. 1. The Population-Food dilemma. - 2. Maximum corn production depends on many factors. - 3. The corn plant. - 4. Genetics of corn. - 5. Heterosis. - 6. Mutations are prime source of evolution. - II. Breeding methods for corn improvement. 7. Evolution of corn improvement. - 8. Hybrid corn breeding system. - 9. Germ plasm for present and future use. - 10. Development of inbred lines. - 11. Evaluating inbred lines - III. Selection for economic characteristics. 12. Yield, maturity, and standability. - 13. Plant population, hazards, and mechanical harvesting. - 14. Corns for special purposes and uses. - 15. Disease resistance and tolerance. - 16. Insect resistance and tolerance. - 17. Desirable seed and pollen parents. - IV. Development and evaluation of hybrids. 18. Utilization of inbred lines. - 19.

Predicting performance. - 20. Modern statistical methods. - 21. Types of experimental designs. - 22. Performance trials. - V. Seed production, processing, and distribution. 23. Training seed technologists. - 24. Production of hybrid seed. - 25. Planning an efficient seed-corn processing plant. - 26. Harvesting, processing, and storage of seed. - 27. Marketing seed. - 28. Foundation seed stock organizations. - 29. Seed certification. - 30. Policies and legislation.

KATZ, PH. A. (ed.) - TOWARDS THE ELIMINATION OF RACISM
Series: Pergamon General Psychology Series, Vol. 54
Pergamon Press Inc., New York, 1976
XVI+444 pp., $11.25

CONTENTS. - I. Introduction. - II. Theories of Prejudice Acquisition and Reduction. - III. Review of Research: Attitude and Behavior Change. - IV. Change in the Real World.

KEMMER, N. - VECTOR ANALYSIS
A physicist's guide to the mathematics of fields in three dimensions
Cambridge University Press, Cambridge, 1977
XIV+254 pp., figs., £3.95

After an introductory chapter summarising vector algebra, the following two deal with geometrical preliminaries. In these, selected topics from differential geometry are summarised and two non-standard definitions, the 'quasi-square' and the 'quasi-cube', are introduced on which a great deal of the later analysis depends. With the introduction of the mathematical assumptions now complete, chapter 4 opens the discussion of vector fields. The real core of the book, dealing first with spatial integrals, then with the differentiation of fields, is found in chapters 5-9. In chapter 10 the three principal theorems are generalised and chapter 11 goes on to discuss the boundary behaviour of fields. Chapter 12, on the differentiation and integration of products of fields, paves the way for the final three chapters which develop the central theme in relation to its most important applications.

KESSLER, J. - POLARIZED ELECTRONS
Series: Text and Monographs in Physics
Springer-Verlag, Berlin, 1976
IX+223 pp., figs., DM 59,80

CONTENTS. - 1. Introduction. - 2. Description of Polarized Electrons. - 3. Polarization Effects in Electron Scattering from Unpolarized targets. - 4. Exchange Processes in Electron-Atom Scattering. - 5. Polarized Electrons by Ionization. - 6. Polarized Electrons from Solids. - 7. Further Applications and Prospects.

KLINE, M. V. - FREUD E L'IPNOSI
Interazione della psicodinamica e dell'ipnosi
Piccin Editore, Padova, 1976
XV+142 pp., tables, L. 8.000

Il Centro Studi di Ipnosi Clinica « H. Bernheim » di Verona presenta, con questo volume, al medico italiano l'opera di M. V. Kline, che contiene un'esauriente esposizione di osservazioni cliniche e sperimentali e offre un'analisi critica approfondita dei rapporti fra Freud e l'ipnosi.

KOECHNER, W. - SOLID-STATE LASER ENGINEERING
Springer Series in Optical Sciences, Vol. 1
Springer-Verlag, Berlin, 1976
XI+620 pp., figs. and tables, DM 97,40

CONTENTS. - 1. Optical amplification. - 2. Properties of solid-state laser materials. - 3. Laser oscillator. - 4. Laser amplifier. - 5. Optical resonator. - 6. Optical pump systems. - 7. Heat removal. - 8. Q-switches and external switching devices. - 9. Mode locking. - 10. Nonlinear devices. - 11. Design of lasers relevant to their application. - 12. Damage of optical elements.

KORNBERG, A. - SINTESI DEL DNA
Piccin Editore, Padova, 1977
XIII+403 pp., figs. and tables, L. 15.000

Questo libro di Kornberg è insieme il racconto e l'analisi rigorosa della continua evoluzione della nostra conoscenza della replicazione del DNA, dal metabolismo dei precursori all'identificazione dei sempre più numerosi enzimi e geni coinvolti nel processo, fino ad arrivare alle più recenti descrizioni della replicazione di DNA virali. I dati citati provengono da centinaia di articoli, come testimonia la nutritissima bibliografia: la loro riunione in un testo unico è di grandissima utilità per studenti, insegnanti e ricercatori. Il libro fornisce una visione unificante dei numerosi aspetti del problema e il quadro che ne risulta è vario ma ordinato. Di ogni argomento l'Autore traccia un chiaro bilancio e spesso indica i prossimi passaggi da percorrere. Il lettore ha così costantemente il senso della mutabilità che accompagna l'accumularsi delle conoscenze acquisite.

KORNBERG, A., HORECKER, B. L., CORNUDELLA, L. and ORÒ, J. (eds.) - REFLECTIONS ON BIOCHEMISTRY
In Honour of Severo Ochoa
Pergamon Press, Oxford, 1976
IX+465 pp., figs. and tables, £4.75

CONTENTS. - I. Energy metabolism, Photosynthesis, Fermentation. - II. Lipids, Saccharides, Cell Walls. - III. Regulation. - IV. Nucleic Acids and the Genetic Code. - V. Protein Biosynthesis. - VI. Cell Biology and Neurobiology. - VII. Science in the Time of Ochoa.

KOSNIOWSKI, C. - TRANSFORMATIONS GROUPS
Series: London Mathematical Society Lecture Note Series, Vol. 26
Cambridge University Press, Cambridge, 1977
VII+306 pp., tables, £5.25

The theory of transformation groups studies symmetries of various mathematical objects such as topological spaces, manifolds, polyhedra and function spaces. It is thus a central concept in many branches of mathematics. This volume contains 25 of the papers submitted at the conference on transformation groups held at the University of Newcastle upon Tyne in August 1976.

KRÜGER, E. - TECNICA CHIRURGICA ODONTOIATRICA
Piccin Editore, Padova, 1977
267 pp., figs. and plates, L. 30.000

Nel volume si ripropone la materia chirurgica odontoiatrica sotto la veste di un trattato di 'tecnica chirurgica'. Obiettivo dell'opera è stata non soltanto la raccolta e la coordinazione sistematica degli interventi chirurgici di odontoiatria praticabili ambulatoriamente e nello studio privato, ma soprattutto la descrizione analitica dei loro dettagli tecnici esecutivi.

LAKATOS, I. and MUSGRAVE, A. (eds.) - CRITICA E CRESCITA DELLA CONOSCENZA
Series: Filosofia della scienza, Vol. 15
Feltrinelli Editore, Milano, 1976
428 pp., L. 10.000

CONTENTS. - 1. Logica della scoperta o psicologia della ricerca?, by TH. S. KUHN. - 2. Contro la 'scienza normale', by J. WATKINS. - 3. Fa acqua la distinzione tra scienza normale e scienza straordinaria?, by S. TOULMIN. - 4. La scienza normale, le rivoluzioni scientifiche e la storia della scienza, di L. P. WILLIAMS. - 5. La scienza normale e i suoi pericoli, by K. POPPER. - 6. La natura di un paradigma, by M. MASTERMAN. - 7. La falsificazione e la metodologia dei programmi di ricerca scientifici, by I. LAKATOS. - 8. Consolazioni per lo specialista, by P. FEYERABEND. - 9. Riflessioni sui miei critici, by TH. S. KUHN. - 10. La storia della scienza e le sue ricostruzioni razionali, by I. LAKATOS. - 11. Note su Lakatos, by TH. S. KUHN.

LAUTMAN, A. - ESSAI SUR L'UNITÉ DES MATHÉMATIQUES ET DIVERS ÉCRITS
Union Général d'Editions, Paris, 1977
319 pp., figs., No price stated

CONTENTS. - Préface, by MAURICE LOI. - Avant-propos, by JEAN DIEUDONNÉ. - 1. Essai sur les notions de structure et d'existence en mathématiques. - 2. Essai sur l'unité des sciences mathématiques dans leur développement actuel. - 3. Nouvelles recherches sur la structure dialectique des mathématiques. - 4. Symétrie et dissymétrie en mathématiques et en physique. Le problème du temps. - 5. Mathématiques et réalité. - 6. De la réalité inhérente aux théories mathématiques. - 7. L'axiomatique et la méthode de division. - 8. Considérations sur la logique mathématique.

LEDERMANN, E. K. - MEDICINA E FILOSOFIA: PER UNA EPISTEMOLOGIA DELLA MEDICINA E DELLE PSICOANALISI
Series: Collana di epistemologia, Vol. 2
Episteme Editrice, Milano, 1976
241 pp., L. 5.000

CONTENTS. - I. Due filosofie della medicina. - II. La medicina e la rivoluzione copernicana nel pensiero. - III. Medicina ed etica.

LINTZ, J. and SIMONETT, D. S. (eds.) - REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT
Addison-Wesley Publishing Company, Reading, 1976
XIX+694 pp., figs., tables and plates, $27.50

This multidisciplinary, essentially non-mathematical textbook is designed for first-year graduate students and advanced undergraduate students interested in natural resource areas, such as agriculture, forestry, geography, geology, hydrology, and oceanography. The volume comprises the work of twenty contributors, and is divided into four parts which concern fundamental principles, sensors for remote sensing, processes and technique and applications to the natural resources.

LLINÀS R. and PRECHT, W. (eds.) - FROG NEURO-BIOLOGY
A Handbook
Springer-Verlag, Berlin, 1976
XVI+1046 pp., figs. and tables, DM 450,—

CONTENTS. - I. Peripheral Systems. - II. Sensory Systems. 1. Olfaction. - 2. Vision. - 3. Vestibular and Lateral Systems. - 4. Auditory System. - 5. Gustatory System. - 6. Cutaneous Receptors. - 7. Muscle Spindles. - III. Nervous System. 1. Spinal Cord. - 2. Brain Stem. - 3. Cerebellum. - 4. Development. - 5. Nonolfactory Cortex. - IV. Neuroendocrinology. - V. General Techniques.

LORENZ K. - AGGRESSIVITÀ
Series: Biblioteca di Scienze dell'uomo, Vol. 25
Il Saggiatore Editore, Milano, 1976
362 pp., L. 5.000

CONTENTS. - 1. Prologo in mare. - 2. Continuazione in laboratorio. - 3. Quel che c'è di buono nel male. - 4. La spontaneità dell'aggressione. - 5. Abitudine, cerimonia e magia. - 6. Il grande parlamento degli istinti. - 7. Comportamenti analoghi alla morale. - 8. La schiera anonima. - 9. Ordinamento sociale senza amore. - 10. I ratti. - 11. Il vincolo. - 12. Predica dell'humilitas. - 13. Ecce homo. - 14. Dichiarazione di speranza.

LYON-CAEN, R. - CIRCUITS LOGIQUES M.S.I. ET L.S.I.
Series: Monographies d'électronique
Masson Editeur, Paris, 1976
x+190 pp., figs. and tables, No price stated

CONTENTS. - 1. Caractères logiques. - 2. Paramètres principaux des circuits. - 3. Circuits à transistors bipolaires et résistances. - 4. Circuits dépourvus de résistances intégrées.

MA, S.-K. - MODERN THEORY OF CRITICAL PHENOMENA
Series: Frontiers in Physics, Vol. 46
W. A. Benjamin Inc., Reading, 1976
XXIX+561 pp., tables, $14.50

CONTENTS. - I. Introduction. - II. Models and Basic Concepts. - III. The Gaussian Approximation. - IV. The Scaling Hypothesis. - V. The Renormalization Group. - VI. Fixed Points and Exponents. - VII. The Gaussian Fixed Point and Fixed Points in 4 - ε Dimension. - VIII. Renormalization Groups in Selected Models. - IX. Perturbation Expansions. - X. The Effect of Random Impurities and Miscellaneous Topics. - XI. Introduction to Dynamics. - XII. The Renormalization Group in Dynamics. - XIII. Simple Dynamics Models. - XIV. Perturbation Expansion in Dynamics.

MACCARINI, P. A. and TORELLI, O. - POLICARDIOGRAFIA
Semeiotica e diagnostica
Piccin Editore, Padova, 1976
XVI+509 pp., figs. and tables, L. 45.000

Si tratta di un'opera essenzialmente a carattere pratico, intelligibile anche ai non iniziati, e che può servire come orientamento di base e per una rapida consultazione nella quotidiana diagnostica del cardiologo. I riferimenti bibliografici si limitano agli autori citati.

MAHANTY. J. and NINHAM, B. W. (eds.) - DISPERSION FORCES
Academic Press, London, 1976
XII+236 pp., tables, £9.20

CONTENTS. - 1. Introduction. - 2. Dispersion Forces from the Field Point of View. - 3. Calculations and Comparaison of Theory with Experiment. - 4. Dispersion Forces and Molecular Size. - 5. Geometry and Anisotropy. - 6. Role of the Dispersion Force Field in Adsorption and Polymer Solutions. - 7. Effects of Electrolytes and Conduction Processes.

*** MATHEMATICAL MODELS IN MEDICINE
Series: Lecture Notes in Biomathematics, Vol. 11
Springer-Verlag, Berlin, 1976
XII+281 pp., tables, DM 28,—

CONTENTS. - I. Epidemiology, by J. BERGER. - II. Cell models, by P. TAUTU. - III. Pharmacokinetics, by R. REPGES.

MCNEILLIE, A. - GUIDE TO THE PIGEONS OF THE WORLD
Elsevier-Phaidon, Oxford, 1976
160 pp., figs., £1.95

This is the book for the pigeon fancier, expert or novice. It discusses some 55 breeds—more than 175 varieties — from Asia, Europe and America; it aslo traces man's

interest in pigeons from ancient mythologies to the breeder's notebooks and standards of today. Long range Racing Homers, diminutive Parlour Tumblers, Bagdads, Carriers, Fantails, Pouters, Jacobins, Mondains, Owls, Magpies, Starlings, Larks, Swallows — these are but a handful of the multitudinous variety of pigeons to be found in this guide. There are also comprehensive, illustrated chapters on anatomy, physiology, breeding, plus practical advice on housing, general care, rearing, showing, high flying and racing.

MEYER-ARENDT, J. R. - INTRODUZIONE ALL'OTTICA CLASSICA
Zanichelli Editore, Bologna, 1976
x+484 pp., figs. and tables, L. 12.400

CONTENTS. - I. La trattazione elementare della formazione delle immagini. - II. Ottica ondulatoria. - III. Le proprietà della luce e della materia. - IV. L'ottica delle trasformazioni. - V. Ottica quantistica. - VI. Elettromagnetismo e relatività.

MILTON, J. S. and TSOKOS, C. P. (eds.) - PROBABILITY THEORY WITH THE ESSENTIAL ANALYSIS
Series: Applied Mathematics and Computation, Vol. 10
Addison-Wesley, Reading, 1976
XIX+339 pp., $14.50

The authors develop in this book the fundamental concepts of probability theory as an axiomatic system using a measure theoretic approach. We present *in the text* the analysis necessary for this study. The text should be readily accessible to advanced undergraduate (junior or senior level) and beginning graduate students in mathematics, statistics, operations research, chemistry, physics and engineering. The material in the text has been organized in such a way that generally each theorem is provable from previous results *contained within* this book. The book is thus ideally suited not only for general classroom use but also as a text for independent study courses or self-study in both analysis and probability theory.

MITRA, G. - THEORY AND APPLICATION OF MATHEMATICAL PROGRAMMING
Academic Press, London, 1976
IX+214 pp., figs., £8.20

CONTENTS. - 1. What is Mathematical Programming? - 2. Equivalent Linear Programming Problems and The Simplex Method. - 3. Some Ancillary Features of the Simplex Method. - 4. The Revised Simplex Method. - 5. Computational Refinements and Extensions Within the Context of the Revised Simplex Method. - 6. Duality Properties of Linear Programs and Post Optimal Analysis. - 7. Integer and Mixed Integer Linear Programs. - 8. Formulating Mathematical Programming Models: Linear Programming, Integer Programming and Nonlinear Programming by Extending Linear Programming Techniques. - 9. The General Mathematical Programming Problem: Lagrange and Kuhn-Tucker Multipliers. - 10. Convex Quadratic Programming: Its Application and Its Solution by the Use of Kuhn-Tucker Theory. - 11. Linear Programming, Quadratic Programming, Theory of Games, and the Fundamental Problem: Algebra and Combinatories of Pivot Theory

for such Problems. - Appendix 1. Some Mathematical Background. - Appendix 2. On Using a Linear Programming System. - Appendix 3. UIMP: User Interface to Mathematical Programming a Modelling Language.

MONOD-HERZEN, G. - L'ANALYSE DIMENSIONNELLE ET L'ÉPISTÉMOLOGIE
Series: Recherches Interdisciplinaires
Maloine - Doin S.A., Paris, 1976
129 pp., No price stated

CONTENTS. - 1. Les origines. - 2. Mesures et dimensions. Les théorèmes fondamentaux. - 3. Unités et formules de dimension. - 4. Les calculs. - 5. Applications géométriques et cinématiques. - 6. Applications mécaniques. - 7. Les maquettes et la similitude dynamique. - 8. Applications thermiques. - 9. Applications à l'électricité et à l'optique.

MORGAN, C. I. and KING, P. E. - BRITISH TARDIGRADES
Series: Synopses of the British Fauna (New Series), Vol. 9
Academic Press, London, 1976
133 pp., figs., £2.50

Synopsis No. 9 is devoted to a group of unusual little creatures, the tardigrades or 'water-bears', which form a not insignificant part of the micro-fauna of the soil, as well as that of aquatic habitats. This book will prove a useful field and laboratory guide and fill the gap between the more popular, general guides and specialist monographs and treatises.

MORLACCHI, C. and MANCINI, A. - CLINICA ORTOPEDICA
Manuale - Atlante
Piccin Editore, Padova, 1977
X+306 pp., figs. and plates, L. 12.000

CONTENTS. - 1. Generalità. - 2. Deformità congenite. - 3. Affezioni neurologiche infantili di interesse ortopedico. - 4. Alterazioni dell'adolescenza. - 5. Artrosi. - 6. Lombalgie, lombosciatalgie, lombocruralgie. - 7. Alterazioni infiammatorie. - 8. Affezioni dei muscoli e delle aponeurosi. - 9. Lesioni tumorali ed eteroplasie dello scheletro. - 10. Generalità sulle fratture. - 11. Fratture dell'arto superiore. - 12. Fratture del bacino. - 13. Fratture dell'arto inferiore. - 14. Fratture vertebrali. - 15. Distacchi epifisari. - 16. Lussazioni. - 17. Distorsioni. - 18. Lesioni muscolari e tendinee.

MOULOUD, N. - L'ANALYSE ET LE SENS
Essai sur les préalables sémantiques de la logique et de l'épistemologie
Series: Bibliothèque Scientifique
Payot, Paris, 1976
335 pp., No price stated

CONTENTS. - I. L'analyse des énoncés scientifiques et les problèmes sémantiques. - II. Les notions majeures de la sémantique et le traitement des langues logiques ou naturelles. - III. Les formulations analytiques et la doctrine des savoirs.

MÜLLEN, K. and PREGOSIN, P. S. - FOURIER TRANSFORM NMR TECHNIQUES: A PRACTICAL APPROACH
Academic Press, London, 1977
x+149 pp., figs. and tables, £6.80

CONTENTS. - 1. CW and pulsed NMR. A general description. - 2. The role of the computer. - 3. Spectrometer operation. - 4. Spin lattice relaxation times.- 5. Commonly occurring non-routine problems. - 6. « New nuclei ». A bonus in the solution of chemical problems. - 7. Dynamics and reaction mechanisms.

MÜLLER, A. H. - LEHRBUCH DER PALÄOZOOLOGIE
Series: Allgemeine Grundlagen, Vol. 1
Veb Gustav Fischer Verlag, Jena, 1976 (III Ed.)
423 pp., figs. and tables, M 36,40

CONTENTS. - 1. Begriff und Teilgebiete der Paläontologie. - 2. Die Geschichte der Paläontologie. - 3. Die Fossilisationslehre. - 4. Die biologische Systematik und die Terminologie. - 5. Kurze Einführung in die Variationsstatistik. - 6. Die Phylogenetik. - 7. Ökologie, Physiologie und Taxiologie. - 8. Anhang: Die paläontologische Präparation.

MÜLLER, E. and LOEFFLER, W. - MYCOLOGY
An Outline for Science and Medical Students
Georg Thieme Publishers, Stuttgart, 1976
VII+306 pp., figs. and tables, DM 20,—

The translators of this book have placed special emphasis on recent developments in mycology, showing that fungi are not only excellent models for the study of eukaryotes, but are also increasingly recognized as causes of infectious diseases and toxic and allergic disorders, for producing antibiotics, for applications in bulk recycling, and for vital single-cell protein syntheses. The book will be found particularly useful by scientists in various fields, who will find a wealth of well-organized and reliable information: by medical practitioners and specialists facing fungi and their metabolites as causes of diseases; by a wide range of experts and university lecturers in many fields who can no longer sidestep the importance and relevance of fungi; and of course by senior undergraduate and graduate students.

MULLER, W. M. - BOTANICA
Piccin Editore, Padova, 1977
539 pp., figs. and tables, L. 12.000

L'Autore, con il suo libro, avvia il lettore nel campo della Botanica, in uno stile semplice, piano anche quando espone le basi chimiche e fisiche dei fenomeni. I termini tecnici sono ridotti al minimo: in un primo approccio ad una materia nuova è forse più importante sapere il significato di una 'cosa' più che il nome che uno specialista ha deciso. I traduttori hanno cercato di conservare lo stile del Muller anche nella traduzione italiana. Naturalmente questo testo non comprende 'tutta la botanica' ma fornisce sufficienti informazioni per comprendere i fatti fondamentali: è una 'introduzione' alla botanica non un trattato.

NICOLIN, A. - LE RESINE COMPOSITE E LO SVILUPPO DI NUOVI MATERIALI AD AZIONE ADESIVA IN ODONTOIATRIA CONSERVATIVA
Estratto da *Odontoiatria conservativa* di Sturdevant, Barton and Brauer
Piccin Editore, Padova, 1976
96 pp., figs. and plates, L. 10.000

Questo volume, che ha come premessa quella di diffondere in Italia il trattato di STURDEVANT - BARTON - BRAUER, è arricchito da un nuovo capitolo di aggiornamento, opera di A. Nicolin.

NORRIS, J. R. (ed.) - METHODS IN MICROBIOLOGY, VOL. 9
Academic Press, London, 1976
XV+251 pp., figs. and tables, £9.00

This book continues the series of Methods in Microbiology, the aim of which is to present to research scientists detailed information about the methodology of microbiological research. Some of the topics were suggested by workers in the field; others were selected by the editor as being subjects not adequately covered so far in the Series. Inevitably the topics are diverse, but there is an emphasis on rapid methods of characterising and identifying micro-organisms and on electron microscopy.

NUNN, J. F. - FISIOLOGIA RESPIRATORIA APPLICATA
Con particolare riferimento all'anestesia
Piccin Editore, Padova, 1976
XII+489 pp., figs. and tables, L. 25.000

CONTENTS. - 1. Aspetti fisici e strutturali dello scambio dei gas. - 2. Il controllo del respiro. - 3. Resistenza elastica alla ventilazione. - 4. Resistenza al flusso dei gas. - 5. Meccanismi di ventilazione polmonare. - 6. Il volume minuto della ventilazione polmonare. - 7. Spazio morto respiratorio e distribuzione del gas inspirato. - 8. La circolazione polmonare. - 9. Distribuzione del flusso ematico polmonare. - 10. Diffusione. - 11. Anidride carbonica. - 12. Ossigeno.

*** NOUVEAUX SYSTÈMES ENERGÉTIQUES
Cycles thermodinamiques associés
Cycle de Conférences tenu à Ermenonville du 30 Septembre au 4 Octobre 1974 sous l'égide du C.E.A.-E.D.F.
Ecole d'été de mécanique des fluides
Series: Collection de la Direction des Etudes et Recherches d'Electricité de France, Vol. 27
Eyrolles Editeur, Paris, 1976
XV+434 pp., tables, Fr. 170

Le Cycle de Conférences créé en 1970 sous l'égide du Commissariat à l'Energie Atomique et l'Electricité de France s'est donné pour but de diffuser les connaissances récentes en Mécanique des Fluides et en Thermodynamique appliquées, dans le but de faciliter le développement de leurs applications dans l'industrie. Depuis 1970, un cycle d'une semaine a eu lieu, à la fin de chaque été, au Château d'Erme-

nonville, groupant en stages résidentiels d'une semaine des industriels et des universitaires afin de leur faciliter une meilleure compréhension mutuelle sur les sujets traités et par suite des possibilités accrues de collaboration. Ce volume est le compte-rendu des Cycles Thermodynamiques associés.

OATLEY, C. - ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS
Cambridge University Press, Cambridge, 1976
x+262 pp., figs. and tables, £3.50

CONTENTS. - 1. Introduction. - 2. The flow of current in a homogeneous isotropic medium. - 3. The electrostatic field in free space. - 4. The magnetic field in free space. - 5. Electric and magnetic fields in material media. - 6. Methods of solution. - 7. Non-linear materials. - 8. Energy and forces in electric and magnetic fields. - 9. Electromagnetic waves. - 10. The experimental basis of electromagnetic theory and some applications.

OLIVA, L. - MANUALE DI ECOTOMOGRAFIA
Piccin Editore, Padova, 1976
XIII+290 pp., figs., tables and plates, L. 30.000

La monografia di Oliva e collaboratori fornisce al lettore un quadro completo della fisica, della tecnica e delle applicazioni cliniche del metodo. In capitoli diversi vengono presentati i quadri normali e patologici ottenuti nei vari organi ed apparati. La raccolta di nozioni sparse nella letteratura italiana e straniera con l'aggiunta dei contributi delle ricerche originali della Scuola radiologica genovese e di Zacutti ed Argelà rappresenta l'oggetto di questa monografia; essa ci presenta quindi la situazione attuale del nuovo metodo diagnostico, situazione attuale che può essere il punto di partenza per il perfezionamento ed i successivi sviluppi del metodo stesso.

OLIVA, L. (ed.) - RADIOBIOLOGIA DEL LINFOCITA
XI Congresso Nazionale dell'Associazione Italiana di Radiobiologia Medica, Rapallo, 25-26 Aprile 1975
Series: Aggiornamenti di Radiobiologia, Vol. 4
Piccin Editore, Padova, 1976
251 pp., figs., tables and plates, L. 12.000

CONTENTS. - I. Tavola rotonda. Radiobiologia dei linfociti: aspetti metabolici, morfologici e immunologici. - II. Tavola rotonda. Radioterapia delle linfopatie: aspetti bioimmunologici e clinici.

PARK, B. H. and GOOD, R. A. - PRINCIPI DI IMMUNOBIOLOGIA GENERALE E CLINICA
Piccin Editore, Padova, 1977
XV+660 pp., figs. and tables, L. 15.000

Completezza e discorsività rendono notevolmente utile la lettura del libro sia agli studenti che ai biologi e ai medici, ai quali tutti in effetti è dagli stessi autori dedicato. Gli studenti, pur da neofiti, arriveranno certamente ad una buona com-

prensione della materia. Per coloro i quali sono invece già forniti delle principali cognizioni di base, il volume servirà certamente per ottime puntualizzazioni di aspetti particolari e per utili inquadramenti nosologico-classificativi.

PEARSON, R. and PEARSON, L. - THE VERTEBRATE BRAIN
Academic Press, London, 1976
XI+744 pp., figs. and tables, £23.00

This is the first modern, single-volume work to attempt a complete survey of the vertebrate brain. It covers a vast range of species, and will have a very wide application covering many disciplines. Certainly biologists, neurologists, zoologists, experimental psychologists and veterinary researchers will all have an immediate interest in this book. However, many other readers may also benefit from the broad approach offered, and the authors hope that it will stimulate much further comparative work on the brains of cyclostomes, fishes, amphibians, reptiles, birds and mammals.

PEEBLES, P. Z., JR. - COMMUNICATION SYSTEM PRINCIPLES
Addison-Wesley Publishing Company, Reading, 1976
XX+488 pp., figs., $22.50

The book is basically a theoretical textbook for junior and senior electrical engineering students studying communication principles. It is an outgrowth of courses combining principles and systems of communication, which the author has taught in the Electrical Engineering Department at the University of Tennessee. The book presents twenty different systems with emphasis placed on modern pulse and digital systems. New modulation systems are covered in a comprehensive discussion of delta modulation, delta sigma modulation, adaptive delta modulation, and important sampling theorems in use to date. A solutions manual is also available. Intended for a variety of student backgrounds, « Communication System Principles » will be welcomed by those engaged in electrical and computer engineering.

*** PHOTO-ELECTRONIC IMAGE DEVICES
Proceedings of the Sixth Symposium held at Imperial College, London, September 9-13, 1974
Series: Advances in Electronics and Electron Physics, Vol. 40A
Academic Press, London, 1976
XX+517 pp., figs., £17.50

CONTENTS. - 1. Image Tubes and Channel Multipliers. - 2. Camera Tubes and Targets. - 3. Photocathodes and Electron Emission. - 4. Electron Optics.

POPPER, K. - UNENDED QUEST: AN INTELLECTUAL AUTOBIOGRAPHY
Open Court Publishing Company, La Salle, Illinois, 1976
255 pp., $2.95

Ranging from his memories of a comfortable childhood in an intellectual Viennese middle-class family to this later studies and work at various universities, Poppers covers the history of his own philosophical thinking in considerable detail. Among his topics are An Early Philosophical Inquiry: Infinity; My First Philosophical Failure: The Problem of Essentialism; Theory of Knowledge, Realism and Quantum Theory; and the writing of his most famous work, The Open Society and Its Enemies. He also describes his meeting with Einstein during his first visit to the United States and explains his concept of World 3 and how the idea relates to body-mind problems.

REID, C. - COURANT IN GÖTTINGEN AND NEW YORK
The Story of an Improbable Mathematician
Springer-Verlag, Berlin, 1976
IV+332 pp., plates, DM 31,30

This biography of David Hilbert is not a piece of conventional historical research but illuminates the back ground of German social history in which Hilbert was dramatically involved. It characterizes an important period in mathematics and carries back to the great role that the international scientific center of Göttingen has played in the field of mathematics and physics.

RIEGER, R., MICHAELIS, A. and GREEN, M. M. - GLOSSARY OF GENETICS AND CYTOGENETICS
Classical and Molecular
Springer-Verlag, Berlin, 1976 (IV Ed.)
647 pp., figs. and tables, DM 36,—

The fourth edition of the Glossary is now complete, and has been completely reworked and enlarged since the third edition. Special care has been given to including the important new terms which have meanwhile come to be used in genetics. The style of the Glossary has been preserved, so that only a definition of scientific expressions is given when that suffices, but when a term can only be understood by more detailed explanation, it is described in a short essay, including scientific data. The inclusion of a short history of the subject, together with the crossreferences and quotations from the literature, make this Glossary a handbook for scientists and a valuable textbook for students.

RIVA, M. G. - SEMEIOTICA NEUROLOGICA
Series: Collana di Ortopedia e Traumatologia, Vol. 2
Piccin Editore, Padova, 1976
XVI+150 pp., figs. and plates, L. 10.000

Si tratta di un lavoro di pregevole carattere didattico, pratico e di facile immediata consultazione per molti medici, non solo ortopedici.

ROBOTTI, A. C. - IMPIEGHI DELL'ENERGIA SOLARE
UTET, Torino, 1976
VIII+370 pp., figs., tables and plates, L. 14.000

Quest'opera costituisce una completa rassegna degli impieghi moderni dell'energia solare. L'autore ha posto l'accento sulle applicazioni che possono rappresentare a breve scadenza una terapia coadiuvante dei due mali che affliggono l'odierna situazione italiana: *la crisi di energia e la crisi industriale*. Il libro si propone dichiaratamente a diverse categorie di lettori: studenti, studiosi, imprenditori ecc.

ROSA, G. - LA CONSERVAZIONE DELLO SFINTERE NELLA CHIRURGIA DEL CANCRO DEL RETTO
Indicazioni e tecniche
Piccin Editore, Padova, 1976
XIV+201 pp., figs. and tables, L. 15.000

CONTENTS. - 1. Embriologia ed anatomia del retto e del canale anale. - 2. Fisiologia del retto e del canale anale. - 3. Indicazioni alla conservazione dello sfintere. - 4. Criteri di selezione preoperatoria. - 5. Valore delle indagini preoperatorie. - 6. Indagini intraoperatorie. - 7. Preparazione del paziente. - 8. Tecniche. - 9. Complicanze degli interventi che conservano lo sfintere. - 10. Mortalità operatoria. - 11. Risultati.

SAUNDERS, D. S. - INSECT CLOCKS
Series: International Series in Pure and Applied Biology, Division Zoology, Vol. 54
Pergamon Press, Oxford, 1976
VIII+279 pp., figs. and tables, $18.50

CONTENTS. - 1. Introduction: Rhythms and clocks. - 2. Circadian rhytms of activity in individual insects. - 3. Circadian rhytms of activity in populations of insects. - 4. Circadian rhytms and physiology: The circadian system. - 5. Photoperiodism and seasonal cycles of development. - 6. The photoperiodic response. - 7. The photoperiodic clock. - 8. The photoperiodic counter. - 9. Other types of insects clocks. - 10. The anatomical location of photoreceptors and clocks.

SCOTT, J. S. and JONES, W. R. (eds.) - IMMUNOLOGY OF HUMAN REPRODUCTION
Academic Press, London, 1976
XXII+476 pp., figs. and tables, £15.00

The book is neither a vehicle for new material nor strictly a reference work. Rather, it is a concentration of up-to-date knowledge which will give an introduction to this extensive field to those unfamiliar with it, will provide the clinician with a broad view of the subject, and will give research immunologists an appreciation of the actual and potential contribution of immunology to clinical practice.

SHIMODA, K. (ed.) - HIGH-RESOLUTION LASER SPECTROSCOPY
Series: Topics in Applied Physics, Vol. 13
Springer-Verlag, Berlin, 1976
XIII+378 pp., figs., DM 97,—

CONTENTS. - 1. Introduction, by K. SHIMODA. - 2. Line Broadening and Narrowing Effects, by K. SHIMODA. - 3. Atomic Beam Spectroscopy, by P. JACQUINOT. - 4.

Saturation Spectroscopy, by V. S. LETOKHOV. - 5. High Resolution Saturated Absorption Studies of Methane and Some Methyl-Halides, by J. L. HALL and J. A. MAGYAR. - 6. Three-Level Laser Spectroscopy, by V. P. CHEBOTAYEV. - 7. Quantum Beats and Time-Resolved Fluorescence Spectroscopy, by S. HAROCHE. - 8. Doppler-Free Two-Photon Absorption Spectroscopy, by N. BLOEMBERGEN and M. D. LEVENSON.

SIMIONATO, F. - TECNOLOGIE DEI MATERIALI DENTALI
Piccin Editore, Padova, 1977
XXII+422 pp., figs., tables and plates, L. 15.000

CONTENTS. - I. Richiami sulla struttura della materia. - II. Caratteristiche fisiche e proprietà dei materiali. - III. Natura dei metalli e delle leghe. - IV. Polimeri. - V. Materiali ceramici. - VI. Materiali da impronta. - VII. Materiali gessosi. - VIII. Cere dentali. - IX. Materiali da rivestimento. - X. Leghe d'oro da colata. - XI. Leghe al cromo-cobalto-nichel. - XII. Resine sintetiche per protesi. - XIII. Porcellane dentali. - XIV. Leghe lavorate. Leghe per saldatura.

SMITH, K. M. - VIRUS-INSECT RELATIONSHIPS
Longman, London, 1976
VIII+291 pp., figs., tables and plates, £11.00

Written from a biological viewpoint, this book provides extensive information on all known insect viruses and virus diseases and on relationships between viruses and insects other than those of disease. This volume gives a concise description of each virus disease, together with a comprehensive account of the causative virus. There are many electron micrographs not only of the virus particles themselves, but also of the viruses *in situ* in the insect and of their development and movement within the host.

SONA, A. (ed.) - LASERS AND THEIR APPLICATIONS
Gordon and Breach Science Publishers Ltd., London, 1976
XIV+629 pp., figs., £23.90

CONTENTS. - 1. Interaction of radiation with matter, by A. E. SIEGMAN. - 2. Theory of open resonators, by L. RONCHI. - 3. Semiconductor lasers, by H. KRESSEL. - 4. Liquid lasers, by F. P. SCHAEFER. - 5. Gaseous lasers, by A. FERRARIO, A. SONA. - 6. Q-Switching and mode-locking, by O. SVELTO. - 7. CW Solid state lasers, by D. ROESS. - 8. Theory of holography, by G. TORALDO DI FRANCIA. - 9. Application of holography, by V. RUSSO CHECCACCI. - 10. Information processing with optical methods, by B. DAINO. - 11. Atmospheric propagation, by A. CONSORTINI. - 12. Effects of atmosphere on the propagation of laser beams, by M. BERTOLOTTI. - 13. Transmission of information with laser beams, by D. SETTE, B. DAINO. - 14. Beam modulation telemetry, by E. GATTI, S. DONATI. - 15. Machinings with laser beams, by D. ROESS. - 16. The actual state of laser surgery, by F. FANKHAUSER. - 17. Quantum optics and photon statistics, by F. T. ARECCHI. - 18. Laser light scattering from turbulent fluid, by M. BERTOLOTTI. - 19. Non linear opics, by W. KAISER. - 20.

self-focusing and self-trapping of intense laser beams, by C. A. SACCHI. - 21. Plasma generation and diagnostics by lasers, by S. MARTELLUCCI. - 22. Light scattering from simple fluids and binary mixtures near the critical point, by M. GIGLIO.

SPICKER, S. F. and ENGELHARDT, H. T. JR. (eds.) - PHILOSOPHICAL DIMENSIONS OF THE NEURO-MEDICAL SCIENCES
Proceedings of the Second Trans-Disciplinary Symposium on Philosophy and Medicine Held at Farmington, Conn., May 15-17, 1975
Series: Philosophy and Medicine, Vol. 2
D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 1976
274 pp., No price stated

This volume consists of the proceedings of the Second Trans-Disciplinary Symposium on Philosophy and Medicine, whose principal theme was 'Philosophical Dimensions of the Neuro-Medical Sciences'. It was held at the University of Connecticut Health Center May 15-17, 1975. The aim of the Symposium was to examine some of the central philosophical issues raised by the neuro-medical sciences, and to do so in a context wherein philosophers, physicians, neuroscientists, neurologists, neurosurgeons, and others with interest in the conceptual foundations of the neuromedical sciences could share their vantage points with one another. Philosophers and neural scientists are joined through a common set of interests in understanding mental functions and their bearing on neural functions. The neuro-medical sciences have much to offer philosophy. The interchange is thus one which can contribute to both philosophy and medicine.

STEGMÜLLER, W. - THE STRUCTURE AND DYNAMICS OF THEORIES
Springer-Verlag, New York, 1976
XVII+284 pp., tables, $29.80

CONTENTS. - I. The Structure of Mature Physical Theories According to Sneed. 1. Objections to the Dual-Level Conception of Scientific Language and to Carnap's Linguistic Theory. - 2. Axiomatic Theories. - 3. Sneed's New Criterion for Theoreticity. - 4. « Theoretical Term »: A Paradoxical Concept? - 5. A Threefold Refinement of the Ramsey Method. - 6. The Example of Classical Particle Mechanics. - 7. What Is a Physical Theory? Sketch of an Alternative to the Statement View of Theories. - 8. Identity and Equivalence of Theories. - 9. The Reduction of One Theory to Another. - II. Theory Dynamics: The Course of 'Normal Science' and the Dislodging of Theories During 'Scientific Revolutions'. 10. T. S. Kuhn's Conception of Science: An Intuitive Sketch of His Ideas. - 11. Some Criticisms of Kuhn. - 12. A Stronger Concept of Physical Theory; Holding a Theory in the Sneedian Sense. - 13. What Is a Paradigm? - 14. Systematic Survey of the Possibilities for Describing the Intended Applications of a Theory; The Immunity of a Theory Against Potential Falsification. - 15. A Pragmatically Restricted, Intuitively Richer Theory Concept; The Kuhnian Sense of Holding a Theory. - 16. Normal Science and Scientific Revolutions. - 17. Initial Steps Toward Demythologizing Holism. - 18. 'Kuhnianism'; Pseudoirrationalism and Pseudorelativism? - 19. Methodology of Research Programmes or Epistemological Anarchy? The Lakatos-Feyerabend Controversy.

STEPHENS, S. D. G. (ed.) - DISORDERS OF AUDITORY FUNCTION II
Proceedings of the British Society of Audiology Second Conference, held at the University of Southampton from 16 to 18 July, 1975
Academic Press, London, 1976
XI+311 pp., tables, £9.60

This book is based on papers presented to the British Society of Audiology. The occasion was their second conference held at the University of Southampton from July 16th-18th 1975. Recent developments and advances made in the field of audiology are featured in this volume which also provides useful background information on the subject. The book opens with a section on noise-induced hearing loss, a particular feature of which is the Thomas Littler Memorial Lecture given by Professor William Burns. This is followed by sections on electrophysiological audiology, paediatric audiology, neuro-otology, and hearing aids. This book should be of especial interest to audiologists, otolaryngologists and teachers of the deaf, but, because the application of the findings of audiology have become so widespread, industrial medical officers and clinical neurophysiologists should also find it helpful.

*** STRUCTURE ET DYNAMIQUE DES SYSTÈMES
Series: Recherches Interdisciplinaires
Maloine S.A. Editeur, Paris, 1976
190 pp., figs., Fr. 95

Le présent volume regroupe des exposés et des comptes rendus de discussions consacrés à l'étude des concepts de système, de structure, et de dynamique évolutive, tels qu'ils se présentent dans diverses disciplines. Les exposés ont été faits par des mathématiciens, physiciens, biologistes, et linguistes. On verra que les échanges de vues auxquels donnent lieu de telles rencontres, sans abandonner les principes d'une saine courtoisie, n'en sont pas pour autant dénués d'animation, voire de vicacité. De là résultent les meilleures conditions pour un approfondissement sérieux des sujets traités.

SUPPE, F. and ASQUITH, P. D. (eds.) - PSA 1976, VOL. 1
Proceedings of 1976 Biennal Meeting of the Philosophy of Science Association
Philosophy of Science Association, East Lansing, 1976
XXIV+312 pp., tables, $5.00

CONTENTS. - I. Philosophy of Social Science. - II. Explanation. - III. Philosophy of Physics. - IV. History and Philosophy of Science. - V. Epistemological Foundations of Science. - VI. Induction and Probability. - VII. Mathematics and Philosophy of Science. - VIII. Funding, Research and Philosophy of Science.

THESLEFF, S. (ed.) - MOTOR INNERVATION OF MUSCLE
Academic Press, London, 1976
XIV+361 pp., figs. and tables, £9.80

This book, with contributions from internationally acknowledged experts, aims to present an overall review of neuromuscular transmission in vertebrates and

invertebrates and to provide readers with the most recent advances in research. In addition to describing activity at the neuromuscular junction, the volume contains several chapters which consider the latest developments in the study of long-term (trophic) aspects of nervemuscle interaction. The book also contains a chapter on experimental myasthenia gravis, where immunization of animals with isolated acetylcholine receptors has given new insight into the pathophysiology of this disease in humans. The book should prove to be of great value and interest to postgraduate students and workers in the fields of physiology, pharmacology and neurochemistry, as well as to neurologists and physicians interested in muscle diseases.

*** THE ZOOLOGICAL SOCIETY OF LONDON 1826-1976 AND BEYOND
Academic Press, London, 1976
XVIII+353 pp., figs. and tables, £9.80

The book covers a wide range of topics. Early chapters look back to the foundation and growth of the Society. The present Secretary discusses the people, events and trends that shaped the Society's constitutional status. Other contributors illustrate the part the Society played in the development of zoological knowledge in the last century, and examine some of the notable characters, controversies and discoveries of the period. The book goes on to discuss developments in the care, management and housing of animals at the Society's two Zooz, and to give a detailed survey of building at the London Zoo and of the growth of the Society's Library, publications and educational activities. Finally, the future role of the Society is considered, particularly in chapters which deal with the comprehensive programme of zoological research that is being carried out with the support of the Society and at its two research institutes. This well illustrated survey of a unique and complex institution will offer entertainment, interest and valuable information to both amateur and professional zoologists and naturalists.

*** TUNABLE LASERS AND APPLICATIONS
Proceedings of the Loen Conference, Norway, 1976
Springer Series in Optical Sciences, Vol. 3
Springer-Verlag, Berlin, 1976
VIII+404 pp., figs., DM 62,50

CONTENTS. - I. Tunable and High Energy UV-Visible Lasers. - II. Tunable IR Laser Systems. - III. Isotope Separation and Laser Driven Chemical Reactions. - IV. Nonlinear Excitation of Molecules. - V. Laser Photokinetics. - VI. Atmospheric Photochemistry and Diagnostics. - VII. Photobiology. - VIII. Spectroscopic Applications of Tunable Lasers.

TYSON, J. J. - THE BELOUSOV-ZHABOTINSKII REACTION
Series: Lecture Notes in Biomathematics, Vol. 10
Springer-Verlag, Berlin, 1976
IX+128 pp., tables, No price stated

CONTENTS. - I. Preliminaries. - II. Chemistry of the Belousov-Zhabotinskii reaction. - III. The Oregonator. - IV. Chemical waves.

WAISMANN, F. - PHILOSOPHICAL PAPERS
Series: Vienna Circle Collection, Vol. 8
D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 1976
XIX+190 pp., Dfl. 75,—

The present volume covers the two periods: all Waismann German papers, now for the first time translated (including his fundamental essay on the logical conception of probability), and a number of previously unpublished papers composed in English in the latter part of his life. The essay form suited Waismann, and many important later theories of logic and language are here anticipated and presented with a freshness and clarity that were distinctively his.

WATSON, J. D. - MOLECULAR BIOLOGY OF THE GENE
W. A. Benjamin Inc., Menlo Park, 1976 (III Ed.)
XXIV+739 pp., figs. and tables, No price stated

CONTENTS. - 1. The Mendelian View of the World. - 2. Cells Obey the Laws of Chemistry. - 3. A Chemist's Look at the Bacterial Cell. - 4. The importance of Weak Chemical Interactions. - 5. Coupled Reactions and Group Transfers. - 6. The Concept of Template Surfaces. - 7. The Arrangement of Genes on Chromosomes. - 8. Gene Structure and Function. - 9. The Replication of DNA. - 10. The Genetic Organization of DNA. - 11. The Transcription of RNA upon DNA Templates. - 12. Involvement of RNA in Protein Synthesis. - 13. The Genetic Code. - 14. Regulation of Protein Synthesis and Function. - 15. The Replication of Viruses. - 16. The Essence of being Eucaryotic. - 17. Embryology at the Molecular Level. - 18. The Control of Cell Proliferation. - 19. The Problem of Antibody Synthesis. - 20. The Viral Origins of Cancer.

WICKRAMASINGHE, N. C. and MORGAN, D. J. (eds.) - SOLID STATE ASTROPHYSICS
Series: Astrophysics and Space Science Library, Vol. 55
D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 1976
XII+302 pp., figs. and tables, Dfl. 95,—

The main aim of the symposium was to bring together astronomers, solid state theorists and laboratory physicists working on problems relating to these two major areas of contemporary astrophysics. Part I of the proceedings published here contains invited papers and contributions in the general field of instertellar dust and related laboratory astrophysics. Part II of the proceedings contains invited papers and contributions relating to applications of solid state physics to the theory of neutron stars matter, including that of the conditions for crystallization.

WINDLE, W. F. - FISIOLOGIA DEL FETO
Il danno cerebrale nel periodo perinatale
Piccin Editore, Padova, 1976
145 pp., figs., tables and plates, L. 8.000

Questo libro tratta alcuni aspetti dello sviluppo fisiologico del feto e le modifiche che si verificano durante la transizione verso la vita postnatale. È il seguito

del *Fisiologia del feto*, pubblicato nel 1940, e di *Asphyxia Neonatorum*, del 1950. A rigor di termini, questo libro non è una revisione dei due libri precedenti, anche se parte del loro contenuto è stato sfruttato per la sua preparazione.

CONTENTS. - 1. Introduzione. - 2. Placenta. - 3. Funzioni Endocrine. - 4. Crescita e Metabolismo. - 5. Sangue. - 6. Cuore. - 7. Circolazione. - 8. Sistema Nervoso Centrale. - 9. Sistema Nervoso Periferico. - 10. Polmoni e Respirazione. - 11. Apparato Digerente. - 12. Apparato Escretorio. - 13. Travaglio e Parto. - 14. Asfissia Neonatale. - 15. Ritardo Mentale. - 16. Bibliografia Cronologica.

WISNIEWSKI, S., STANISZEWSKI, B. and SZYMANIK, R. - THERMODYNAMICS OF NON-EQUILIBRIUM PROCESSES
D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 1976
XIII+274 pp., figs., Dfl. 95,—

The book presents the fundamentals of nonequilibrium thermodynamics and its principal engineering applications. It has grown out of the teaching experience of the authors and is intended as a textbook for technical universities, being addressed to students of those departments which give courses in nonequilibrium thermodynamics, and also for doctoral students. This book will also be useful to those engineers who come in contact with problems pertaining to nonequilibrium thermodynamics in the course of their work or take an interest in these problems.

WÜTHRICH, K. - N.M.R. IN BIOLOGICAL RESEARCH
Peptides and Proteins
North Holland Publishing Company, Amsterdam, 1976
XII+379 pp., figs. and tables, Dfl. 115,—

CONTENTS. - I. Introduction. - II. Proton NMR of Amino Acids: An Introduction to High Resolution NMR Spectroscopy. - III. High Resolution Proton NMR Studies of Structure and Conformation in Peptides and Proteins. - IV. Spin Relaxation and Molecular Dynamics. - V. Carbon-13 NMR of Amino Acids, Peptides and Proteins. - VI. Paramagnetic Centers in Proteins. - VII. Nitrogen-15 NMR of Amino Acids and Peptides. - VIII. Biological NMR Experiments with Other Nuclei. - IX. Multimolecular Systems: Intermolecular Interactions of Peptides and Proteins.

WYLD, H. W. - MATHEMATICAL METHODS IN PHYSICS
Series: Lecture Notes and Supplements in Physics, Vol. 15
W. A. Benjamin Inc., Reading, 1976
XVI+628 pp., $16.50

Mathematical Methods for Physics is a text for advanced undergraduate and beginning graduate students. The book concentrates on mathematical methods used in physics and engineering and the topics are discussed in depth at an elementary level. The text contains basic mathematical information on ordinary and partial differential equations, eigenfunction expansion, special functions, Green's functions, integral equations, and complex variables.

Copyright by SCIENTIA - All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of SCIENTIA.

SCIENTIA si pubblica 3 volte all'anno: Luglio, Ottobre, Dicembre. Ogni numero è di circa 400 pagine.
Gli articoli si pubblicano nella lingua dell'autore e nelle traduzioni integrali italiana e inglese.
Tutti gli abbonamenti partono da Gennaio e devono essere pre-pagati.
Abbonamento in Italia: 1 anno Lire 18.000 - Una copia Lire 8.500. Copia di saggio Lire 2.000.
Gli ordini possono essere effettuati attraverso la vostra libreria o direttamente
all'Amministrazione di Scientia o sul c/c postale N. 3-20176 Scientia - 20122 Milano

SCIENTIA is published three times a year: July, October, December. Each number containing about 400 pages. All articles published in the author's own language will have an English translation as well as an Italian one.
All subscriptions commence from January and must be pre-paid.
Subscriptions Europe: 1 year Lire 24.000 - Other countries: 1 year US $40.00
Single copy Lire 10.000 or US $14.00. Specimen copy Lire 2.500 or US $3.50
Please apply all orders through your Newsagent or directly to
Scientia - Via Guastalla, 9 - 20122 Milano, Italy

SCIENTIA pubblica soltanto articoli esplicitamente richiesti dalla Direzione.
SCIENTIA publishes only articles expressly commissioned by the Management.

Representatives abroad:

Austria - Gerold & Co., Graben 31, A-1011 Wien. – **Central America** - Stechert MacMillan, Inc. - 7250 Westfield Av., Pennsauken N.J. 08110. – **Far East** - Maruzen Company, Ltd. - P.O. Box 605, Tokyo Central. – **Germany** - H. Bouvier u. Co. - Am Hof 32, D 5300 Bonn – **Mexico** - Stechert MacMillan, Inc. - 7250 Westfield Av., Pennsauken N.J. 08110. – **Portugal** - Livraria Fernando Machado - Rua das Carmelitas 15, Oporto. – **Spain** - Libreria Editorial Augustinus - Gaztambide 75, Madrid 15. – **Switzerland** - Librairie Payot S.A. - Rue de Bourg 1, Lausanne. – **U.S.A.** - Stechert MacMillan, Inc. - 7250 Westfield Av., Pennsauken N.J. 08110. – **U.S.S.R.** - Mezhdunarodnaja Kniga - Kusnetskij Most 18, Moscow G-200.

SCIENTIA

1907-1977

70° ANNIVERSARIO

Editor: NORA BONETTI

SCIENTIA

Annus LXXI
Volume N. 112
IX - X - XI - XII - 1977

Direzione Scientifica
Scientific Editorial Board
PIERO CALDIROLA
LUDOVICO GEYMONAT
GIUSEPPE MONTALENTI

La Nouvelle Alliance

Deuxième partie - L'élargissement de la dynamique: vers une science humaine de la nature

ILYA PRIGOGINE et ISABELLE STENGERS

Dans cette seconde partie se trouve posée la question du statut de descriptions telles que la description thermodynamique où les processus irréversibles jouent un rôle essentiel, et, plus précisément, du rapport de cette description avec la dynamique classique. La dynamique classique se présente en effet comme une science fermée, excluant comme pseudo-problèmes tous les problèmes qui ne peuvent être posés dans son propre langage; encore aujourd'hui, l'irréversibilité physique est présentée comme une approximation déterminée par l'imprécision des moyens humains d'observation et de manipulation, ce qui fait de l'ensemble du monde macroscopique, qui est essentiellement un monde de processus physico-chimiques irréversibles, une simple apparence.
La mécanique quantique a fait apparaître au sein même de la physique les limites de ce que nous pouvons appeler l'idéalisation galiléenne de la nature. Parce qu'elle nous impose de prendre en considération que la mesure appartient essentiellement et par définition au monde macroscopique, la mécanique quantique exclut que nous puissions, de quelque manière que ce soit, réduire ce monde à un épiphénomène, en faire une apparence dont la réalité serait régie par les lois réversibles de la dynamique; elle nous mène ainsi à la nécessité d'un élargissement de la dynamique elle-même, qui la rende cohérente avec cette double vérité fondamentale: toute description de la nature est produite par l'homme et l'homme qui la produit est lui-même produit par la nature.
L'élargissement de la théorie scientifique auquel nous mènent les progrès actuels de la physique permet de reprendre sur de nouvelles bases le programme du XVIIIème siècle d'une science unifiée qui serait à la fois technologie et philosophie de la nature. Il nous permet d'espérer voir réduite l'opposition entre les 'deux cultures' qui pèse aujourd'hui lourdement sur la pensée occidentale.

pagina 617

La proprietà di semplicità di principio dei costrutti teorici

LEV B. BAŽENOV

L'autore si propone di mettere in luce i fondamenti obiettivi del criterio di semplicità legandoli, per un verso, alla verità obiettiva delle teorie, per l'altro alla struttura oggettiva del mondo e all'unità di fenomeni differenti, che si manifesta concretamente nella possibilità di subordinarli a leggi generali.

Rivista SCIENTIA Editrice
Sede Legale, 20122 Milano
Via Guastalla 9
Registrata presso la Cancelleria del
Tribunale di Milano col N. 338
Nora Bonetti - Direttore Responsabile
Printed in Italy
Arti Grafiche SO.PO.AL.

Egli mira altresì a rilevare le funzioni euristiche di tale criterio, considerato come indispensabile strumento per risolvere il problema della verità di una teoria. A questo proposito egli sottolinea: *a*) che il principio di semplicità non può mai essere riferito a una teoria presa di per sé, separatamente, ma presuppone sempre, in maniera esplicita o implicita, una valutazione comparativa di diverse teorie in concorrenza tra loro; *b*) che tale valutazione comparativa sotto il profilo della semplicità deve essere operata esclusivamente tra teorie equivalenti dal punto di vista empirico; *c*) che la semplicità va vista come un qualcosa che si sviluppa, che ha cioè un carattere non statico, ma dinamico.
Infine, a conclusione dell'articolo, vengono ricordati due principi che confinano con la semplicità di principio e le sono strettamente associati: il principio di eliminazione degli effetti universali di Reichenbach e quello della varietà dei possibili schemi interpretativi equivalenti di Feynman.

pagina 655

Explanation, Description, and Scientific Realism

ALAN E. MUSGRAVE

'Descriptivism' says that scientific theories describe but do not explain, while 'instrumentalism' says they do neither. But descriptivism rests on a mistaken indentification of explanation with ultimate explanation, which stems in turn from the subjectivist idea that to explain is to remove puzzlement. And instrumentalism adds to this a mistaken identification of truth with certainty. Realism says that scientific theories both describe and explain. Modest realists agree with instrumentalists that no description is certainly true, and with descriptivists that no explanation is ultimate.

pagina 727

The Neutral Theory of Molecular Evolution and Polymorphism

MOTOO KIMURA

With the advent of molecular biology, it became possible to study evolution and variation at the level of molecular constitution of genes. Studies in this field have brought many puzzling as well as enlightening results. It now appears that mutational pressure and random gene frequency drift of selectively neutral or nearly neutral mutants are playing a much more important role as causes of molecular evolution and polymorphism than previously believed, particularly under the traditional neo-Darwinism. After reviewing the development of the neutral theory that led to the present neutralist-selectionist controversy, evidence is presented that supports the neutralist's view. Evidence includes such observations as the preponderance of 'synonymous' nucleotide substitutions (that cause no amino acid change in proteins) and high evolutionary rates of protein molecules (or parts of molecules) that are subject to less functional constraints.

pagina 687

Planner's Tensions and Inflationary Pressures in Centrally Planned Economies

GEORGE R. FEIWEL

In an economy where prices and wages are uncontrolled, inflation manifests itself in an appreciable and sustained upward drift in the general price level. But the increase in this level is hard a measure of aggregate economic loss, nor is a stable price level a measure of aggregate economic gain. The phenomenon of inflation is not confined to developed and developing market economies. Despite the imposition of relatively tight price-wage controls, quasi-isolation of domestic from world market prices, and the imposition of comprehensive foreign trade and exchange controls, the Soviet-type economies (STEs) suffer from potent inflationary pressures. These pressures are generated by many factors and surface under various guises. The preponderant factors are the industrialization rush, optimistic planning, and faulty institutional arrangements. The result is a disequilibrium between purchasing power and the availability of consumer goods: During plan implementation purchasing power is usually appreciably higher and the fund of consumer goods made available considerably smaller than originally planned. To observe this phenomenon a perspective on plan construction and growth strategy is required.

pagina 757

INFORMAZIONI SULLA RICERCA
INFORMATION ON RESEARCH

Un modello matematico
del bacino dell'Arno

pagina 723

CRONACHE - REPORTS

The Problem of Refereeing
A. JACK MEADOWS
pagina 787

Alessandro Volta - Annus CL

Alessandro Volta
nella storia della fisica
LUIGI GIULOTTO
pagina 801

Recensioni
Book Reviews

pagina 821

Libri ricevuti
Books Received

pagina 895

La Nouvelle Alliance

Deuxième partie - L'élargissement de la dynamique: vers une science humaine de la nature

ILYA PRIGOGINE
Université Libre de Bruxelles
University of Texas, Austin

ISABELLE STENGERS
Université Libre de Bruxelles

III LA DOUBLE VÉRITÉ DE LA MÉCANIQUE QUANTIQUE

Avant de parler des travaux recents menés au sein de notre groupe, qui tendent à produire une interprétation proprement dynamique de l'irréversibilité, il nous faut tenter de comprendre dans quel contexte cette tentative a été rendue possible; en d'autres termes, il nous faut parler de la profonde crise épistémologique qu'a provoquée au sein de la physique le développement de la mécanique quantique.

Rétrospectivement, il n'y a rien d'étonnant à ce qu'il ait été réservé à la mécanique quantique d'ébranler les fondements galiléens de la physique. Le type de systèmes décrits par la mécanique quantique imposait en effet qu'éclate au grand jour un conflit jusque là resté implicite au coeur de la physique, conflit entre le mode de description — réversible — des systèmes physiques et le mode de mesure, *processus d'enregistrement*, et donc essentiellement irréversible, des nombres qui décrivent le système. Conflit jusque là ignoré dans la mesure où l'irréversibilité des mesures en physique classique n'était pas considérée comme essentielle mais attribuée à la modalité dégradée de toute mesure concrète par rapport à la mesure idéale, elle réversible et instantanée, la mesure de l'espace avec le mètre étalon et du temps avec l'horloge. Il y a un lien essentiel entre le caractère réversible de la mesure idéale et l'exigence, explicitée par le formalisme hamiltonien, que tous les nombres intervenant dans la description physique du système puissent être ramenés à des *localisations* spatiales instantanées[23].

Or, le caractère irréversible de la mesure, qui apparaissait comme accessoire et susceptible d'être éliminé en physique classique, est immédiatement apparu comme fondamental aux fondateurs de la mécanique quantique tels que Bohr et Heisenberg [18,20,21]. Dès l'origine, ils ont insisté sur le fait que dans la description des phénomènes microscopiques entrent toujours des processus irréversibles tels que émission et absorption de quanta de lumière, processus photochimiques, enregistrement et amplification par un appareil de mesure[22,24].

Nous avons vu que la mécanique quantique avait incorporé le formalisme hamiltonien. Toutefois, la description est maintenant en termes d'une fonction d'onde évoluant au cours du temps et non pas en termes de coordonnées et de moments qui seraient fonction du temps. Le caractère réversible de l'évolution se rapporte maintenant à l'évolution de la fonction d'onde. Cette fonction d'onde s'exprime en termes d'une superposition d'états stationnaires caractérisés par des niveaux d'énergie correspondants. Nulle part n'interviennent dans la fonction d'onde des grandeurs telles que section efficace, vies moyennes et, de manière générale, toutes les grandeurs caractérisant les processus qui apparaissent dans la mesure. Or, c'est seulement à la suite de tels processus que nous pouvons obtenir les nombres caractérisant les états quantiques stationnaires en termes desquels la fonction d'onde est exprimée.
Les états stationnaires étant par définition des états où il ne se passe rien, nous ne pourrions rien en dire s'ils étaient effectivement stationnaires; c'est seulement lorsque le système passe d'un état stationnaire à l'autre qu'est accessible le nombre grâce auquel la mécanique quantique va pouvoir caractériser un système comme se maintenant indéfiniment dans tel ou tel état stationnaire.
C'est là l'origine des grands paradoxes de la mécanique quantique. Comme l'ont si souvent souligné Bohr et Rosenfeld, la fonction d'onde quantique n'a aucune signification physique tant que le choix des nombres qui vont la caractériser, de l'état stationnaire qui va la décrire, n'a pas été effectué, et tant que la mesure correspondante n'a pas été réalisée. En d'autres termes, les conditions d'observation du système quantique font indissociablement partie de sa définition comme objet de connaissance physique.

Bien des difficultés d'interprétation du formalisme quantique[19] ont pour origine la tentative de déduire de la fonction d'onde elle-même, régie, on l'a dit, par une équation d'évolution réversible, la réduction qu'elle subit lorsqu'une mesure a rendu effective la définition de l'objectivité du système, c'est-à-dire, de déduire d'une description en termes d'états stationnaires un processus irréversible, totalement inintelligible en termes d'états stationnaires.
Le formalisme de la mécanique quantique est en fait fondé sur l'affirmation simultanée de deux termes mutuellement incompatibles et dont chacun est cependant nécessaire pour que l'autre ait une signification physique. Le processus irréversible est nécessaire pour que soit *connu* l'état stationnaire, qui, dès lors, cesse de l'être; la mécanique quantique ne peut décrire le processus qu'en termes de *transition entre états stationnaires*, et le considère comme totalement inintelligible sans cette référence à des concepts en termes desquels il est dépourvu de signification. De même, la mécanique quantique oppose et affirme simultanément la nécessité de la fonction d'onde et de l'instrument de mesure et définit le phénomène quantique par un double mystère[25], celui du système en

soi, dont l'évolution dynamique est réversible mais inconnaissable, celui de l'opération de mesure, irréversible et inintelligible en termes dynamiques. En d'autres termes, la mécanique quantique a été certes contrainte d'abandonner le fantasme de la description depuis un point de vue extérieur, le fantasme du pur intellect contemplant le système 'tel qu'il est' en lui restant étranger; elle a dû admettre que l'objectivité ne peut être définie sans référence aux conditions d'observation; mais en renonçant au fantasme du point de vue divin, elle a aussi renoncé à la possibilité même de décrire un système en termes d'évolution dynamique. Rappelant le rapprochement souvent réalisé entre le problème kantien et la situation épistémologique de la mécanique quantique, il serait juste de parler de la *structure réflexive* de la description quantique; la description quantique contient intrinsèquement une réflexion sur ses propres conditions de possibilité, sur la situation observationnelle qui l'a rendue possible; et, comme le phénomène kantien, le phénomène quantique ne peut être défini que par la double opacité de deux termes qui ne se définissent que par leur opposition mutuelle[21].

On pourrait être tenté de considérer cette opposition comme indépassable, d'y voir, peut-être, le prix, finalement payé par le physicien, pour son entreprise de mathématisation de la nature. C'est probablement parce que la mécanique quantique apparaissait ainsi comme une limite absolue qu'elle a suscité les propositions métaphysiques les plus extraordinaires (état d'esprit intégré dans les équations physiques, influence directe de l'observation psychique sur le système, et même univers se démultipliant en lignes parallèles à chaque réduction de la fonction d'onde...)[19].

Nous voudrions dépasser cette attitude de fascination, liée à une identification trop rapide de la dynamique classique avec la description physique, et de ses limites avec des limites intrinsèques à la physique, ou même à la pensée rationnelle. La mécanique quantique n'est critique que parce qu'elle pose comme un *problème* ce qui avait été tenu pour *acquis* depuis le 17e siècle, l'incompatibilité entre processus et description dynamique. Rappelons-nous la conclusion de Koyré, au sujet de la tragédie de l'esprit moderne qui « résolut l'énigme de l'univers pour la remplacer par une autre: l'énigme de lui-même ». « Ainsi, le monde de la science — le monde réel — s'éloigna et se sépara entièrement du monde de la vie, que la science a été incapable d'expliquer, même par une explication dissolvante qui en ferait une apparence 'subjective'. Deux mondes, ce qui veut dire deux vérités ou pas de vérité du tout »[6b].

Pas de vérité du tout, c'est là la tentation nihiliste de la mécanique quantique. Et pourtant, simultanément, son défi constitue la plus grande chance donnée à la physique de déborder les limites de l'institution de la physique classique, de ne plus accepter le processus de mesure *seulement* comme le surgissement du refoulé au coeur d'une science qui le nie, créant ainsi la double opacité de l'évolution dynamique et de l'in-

strument de mesure, de concevoir une description dynamique du mécanisme physique de l'évolution des systèmes où les nombres ne caractériseraient plus des états stationnaires mais des processus de transition entre niveaux d'énergie, de collision, de décomposition de particules. Une description qui déborderait l'opposition historique entre description 'objective' et irréversibilité.

La nécessité d'une interprétation dynamique de l'irréversibilité est donc imposée à la fois par la mécanique quantique et par la découverte des structures dissipatives: ces dernières constituent la promesse, d'avance tenue, des espaces de compréhension nouveaux qu'ouvrirait le dépassement du fantasme de la réversibilité fondamentale du monde que, Koyré nous le rappelle, nous devions, en tant que physiciens, postuler comme le seul réel.
Il n'est pas question cependant de nous orienter vers une solution trop facile, de conférer par exemple un caractère irréversible à l'évolution d'un système en ajoutant purement et simplement un terme de friction, ce qui permettrait une dissipation progressive de l'énergie mais rendrait inintelligible l'évolution vers l'équilibre — pourquoi le système ne continuerait-il pas à évoluer vers le zéro absolu, la dissipation de la totalité de son énergie? En d'autres termes, il est exclu que, pour rendre intelligibles les processus irréversibles, nous rendions impossible la compréhension de la réversibilité et de l'équilibre.

IV IRREVERSIBILITÉ ET CAUSALITÉ

Nous sommes ainsi chaque fois ramenés au problème de l'irréversibilité et de son statut par rapport à la dynamique 'réversible' classique ou quantique.
Ce n'est que tout récemment[26,27,28] que ce statut de l'irréversibilité a pu être précisé en montrant qu'il s'agit en fait d'un *brisement de symétrie* qui provient de l'incorporation explicite de la 'causalité' dans les équations de la dynamique.
Voyons de plus près ce que cela veut dire. La mécanique, tant classique que quantique, peut s'exprimer à l'aide d'équations différentielles qui déterminent l'évolution au cours du temps d'une fonction de distribution caractérisant l'état statistique du système. Une telle formulation, en termes de fonction de distribution, tient compte du fait que nous pouvons ne pas connaître l'état initial précis du système; cependant, le fait de partir d'un ensemble d'états initiaux et non d'un seul, d'étudier une famille de trajectoires et non une seule n'entraîne pas de propriétés physiques nouvelles. L'évolution de la fonction de distribution est une évolution *dynamique*; elle permet de calculer en chaque instant la valeur moyenne de toute grandeur associée au système.

L'état statistique que décrit la fonction de distribution peut être compris de deux manières différentes. Soit en termes de l'état des particules en interaction qui composent le système dynamique, en termes donc de leurs coordonnées et de leurs moments, soit en termes des relations entre les particules, en terms de 'corrélations'. Le premier point de vue est celui de la mécanique classique et quantique usuelles. Le second est celui que nous avons développé.

La reformulation de la dynamique en termes d'une dynamique des corrélations, la description de l'évolution d'un système en termes de l'évolution des corrélations, de leurs transformations d'un type en un autre, ne constitue pas bien sûr une nouvelle dynamique. Cependant, la différence des deux points de vue n'est pas insignifiante. En effet, un concept comme celui d'irréversibilité n'a pas de sens clair dans une formulation en termes des trajectoires de particules. Par contre, exprimée en termes de corrélations, en termes des mécanismes collisionnels par lesquels les corrélations évoluent, la notion d'irréversibilité peut prendre un sens précis, celui d'un processus dynamique au cours duquel certains types de corrélation sont *oubliés*.

En effet, en mettant sous une forme appropriée les équations différentielles qui décrivent l'évolution dynamique des corrélations, nous avons montré que, lorsque nous considérons la limite des grands systèmes, formés par exemple d'un grand nombre d'unités interagissantes, systèmes répondant à la condition dite 'de dissipativité', un phénomène nouveau se produisait, les équations différentielles donnaient des *solutions différentes* selon qu'elles correspondaient à des temps positifs ou négatifs.

Lorsque nous résolvons mathématiquement une équation différentielle, nous pouvons nous donner l'état du système en un instant donné ($t=0$) et, soit calculer son état ultérieur, dans l'avenir ($t>0$), soit calculer son état antérieur, dans le passé ($t<0$). Au premier de ces cas correspond un problème aux conditions '*initiales*', au second un problème aux *conditions 'finales'*.

Pour les systèmes répondant à la condition de dissipativité, des *solutions différentes* des équations différentielles correspondent à ces deux problèmes.

Dès lors, la solution d'un problème dynamique implique que nous n'utilisions qu'une partie des solutions admises par les équations différentielles. En mathématique, ne retenir qu'une partie des solutions d'un problème, c'est briser la symétrie des équations différentielles qui le caractérisent. Physiquement, pour un problème aux conditions initiales, c'est la *notion de causalité* qui permet de sélectionner quelles solutions sont intéressantes. Le brisement de symétrie des équations différentielles implique donc que nous ajoutions au problème posé en termes des équations différentielles, la considération de la causalité qui suppose une distinction entre l''avant' et l''après', basée sur l'opposition entre évolution causale et évolution finalisée.

Le brisement de symétrie étant reconnu, nous avons pu aller plus loin et écrire des équations dynamiques nouvelles dans lesquelles le brisement de symétrie, et donc également la causalité, sont incorporés. Dans sa 'formulation causale', l'évolution d'un système dynamique est décrit par deux équations différentielles différentes selon que cette évolution correspond à des temps positifs ou négatifs; le brisement de symétrie est donc explicite dans les *termes* du problème, dans les équations différentielles, au lieu de n'apparaître que dans l'intégration, dans la solution, à la suite de l'adjonction des conditions aux limites.
Le brisement de symétrie des équations différentielles correspond, du point de vue de la dynamique des corrélations, à un processus irréversible d'*oubli* des correlations. Les systèmes 'dissipatifs' sont ceux pour lesquels on peut définir un terme de 'friction dynamique' qui conserve l'énergie mais assure une évolution irréversible vers l'équilibre. Il convient d'insister ici sur l'une des conséquences de l'émergence de l'irréversibilité dans le cadre d'une dynamique des corrélations: c'est l'abandon radical de la notion de niveau fondamental de description. Un processus dissipatif qui conserve l'énergie, un processus dynamique d'oubli des corrélations n'ont aucun sens dans le cadre d'une description en termes de lignes d'espace-temps, en termes d'un niveau fondamental dont les éléments restent identiques à eux-mêmes.
Quel est le lien entre la description initiale ('réversible') et la description causale où apparaît explicitement la partie dissipative de l'évolution qui assure son caractère irréversible? Le problème qui se pose est en fait un problème de 'transformation'. Nous avions évoqué plus haut la théorie des transformations canoniques, qui généralise elle-même celle du changement de systèmes de coordonnées. Nous devons franchir ici un pas de plus et introduire une nouvelle théorie de *transformations non canoniques* qui permet de passer de la représentation hamiltonienne réversible à la représentation causale irréversible.

La physique classique et la mécanique quantique ont pu, pour une certaine classe de phénomènes, réaliser de manière effective l'idéalisation galiléenne et décrire l'évolution du système en termes d'états stationnaires ou du mouvement réversible des particules classiques. Chaque fois que cette description hamiltonienne au sens large est possible *pour les systèmes dissipatifs*, une transformation existe qui permet de passer de cette représentation à celle où les nombres intéressants sont ceux qui caractérisent les processus de collision, de décomposition, d'absorption ou d'émission, qui engendrent l'évolution physique du système.
Ainsi, moyennant des conditions très générales, les lois de la dynamique classique ou quantique peuvent être formulées de deux manières:
a) une formulation hamiltonienne qui contient les lois du mouvement quantique ou classique des particules;
b) une formulation dissipative qui contient des lois de la croissance de l'entropie.

Ces deux formulations sont équivalentes dans le sens que la valeur moyenne d'une observable décrite dans les deux formulations serait égale. Mais cette équivalence n'est pas une simple équivalence unitaire, la transformation qui les lie n'est pas hamiltonienne. La description du monde impliquée par ces deux formulations est en effet très différente. Dans la première, l'évolution d'un système est décrite en termes de *mouvements* tels les mouvements des corps célestes qu'observent les astronomes. La seconde correspond à la description d'un système en termes de *processus* (*scattering*, réaction chimique, décomposition, absorption...). C'est cette formulation que nous devons utiliser quand nous parlons de la mesure car c'est elle qui nous permet de rattacher l'évolution temporelle de l'appareil de mesure aux phénomènes physico-chimiques qui s'y produisent.

Nous sommes devant une situation typique décrite par le principe de complémentarité. C'est la mesure qui nous permet de reconnaître, tant en mécanique classique qu'en mécanique quantique, les situations *limites simples* (trajectoires réversibles, fonctions d'onde). Inversément, c'est en élargissant le formalisme qui décrit ces situations simples que nous pouvons décrire les situations dissipatives qui nous permettent d'introduire le concept de la mesure.

La formulation causale et la formulation hamiltonienne de la dynamique sont complémentaires mais la complémentarité perd ici le mystère que lui donnait la structure réflexive de la mécanique quantique.

La physique classique avait exclu une certaine catégorie de nombres; nous comprenons aujourd'hui qu'un choix nous est imposé: ou bien nous décrivons un système en termes de niveaux d'énergie, de localisation instantanée dans l'espace, et des données telles que les durées de vie et les sections efficaces n'ont plus aucune signification: nous tentons de ramener le monde physique à une monde d'oscillateurs harmoniques et de trajectoires planétaires; ou bien nous choisissons de décrire un monde où les oscillateurs s'amortissent, où l'énergie se dissipe, où les mouvements se ralentissent, où les particules se décomposent, mais alors nous ne pouvons plus parler de l'énergie qu'en moyenne et il est impossible de donner du système une description spatio-temporelle instantanée.

La formulation causale de la dynamique met également en lumière combien la tentative de Boltzmann de donner, avec le théorème H, une interprétation dynamique du second principe revêtait un caractère décisif et combien pourtant le type de situation à laquelle il a abouti — et qu'il a interprété en termes de moins en moins dynamiques et de plus en plus probabilistes — s'éloigne de celle dans laquelle nous nous trouvons aujourd'hui.

Le théorème H de Boltzmann est fondé sur une description de l'évolution en termes de collisions et sur l'introduction d'éléments stochastiques dont la justification repose sur des considérations étrangères à la dynamique. Le formalisme causal fait quant à lui apparaître que, dans des si-

tuations simples telles que celles étudiées par Boltzmann, l'évolution irréversible vers l'équilibre peut être décrite en termes stochastiques; mais la description probabiliste n'est plus ici le résultat d'une approximation non dynamique et les concepts physiques introduits par Boltzmann, celui d'opérateur de collision en particulier, peuvent faire l'objet d'un traitement exact. Dans des cas simples, le problème de l'irréversibilité peut donc recevoir la formulation probabiliste introduite par Boltzmann mais ce n'est plus l'introduction d'éléments stochastiques qui assure l'irréversibilité de l'évolution; c'est au contraire au sein même de la dynamique qu'est déterminée la possibilité d'une description probabiliste.

V LA PENSÉE LARVAIRE

L'une des conséquences les plus essentielles de la formulation causale de la dynamique est l'affirmation *positive* qu'elle implique de la nécessité de nier tout sens physique à la notion de niveau de description fondamental.

Déjà, au nom de la complémentarité des modes de description, la mécanique quantique nous avait invité à abandonner le fantasme d'un niveau fondamental de description, indépendant de l'observateur.

Mais, nous l'avons vu, elle conservait à la base de son formalisme la *fonction d'onde*, fonction dont l'évolution dynamique répond à la définition ancienne de 'description objective', 'indépendante de l'observateur'. Elle devait donc affirmer simultanément cette évolution dynamique 'objective', et le fait que cette évolution n'a aucune signification physique indépendamment du processus de mesure, qui, lui, n'est pas justifiable de la description dynamique.

En mécanique quantique comme en mécanique classique, la notion d'évolution dynamique et celle d'«objectivité», excluant l'homme, possible seulement depuis une position de survol, restent donc associées.

La mécanique quantique a pu dénoncer le fantasme là où la mécanique classique avait toujours vu l'intelligible par excellence; ce faisant, elle mettait en évidence la contradiction, inhérente à la mécanique classique elle-même, entre la description dynamique et ce par quoi cette description est possible. Elle a pu ainsi révéler la double opacité à la base de la description physique, l'exclusion mutuelle et l'implication réciproque des pôles 'objectifs' et 'subjectifs', de 'la mesure' et de 'ce qui existe indépendamment de la mesure'. Elle n'a pas pu, malgré les efforts de Bohr et de Rosenfeld en ce sens, définir positivement la nouvelle situation épistémologique connue sous le nom de complémentarité.

Ainsi, pour un grand nombre de physiciens, la complémentarité continue à se définir *négativement* par rapport à l'illusion conservée d'une vérité physique en soi, elle continue à signifier la nécessité d'assumer l'impossibilité *pour l'homme* d'une description complète de la réalité, la nécessité de

se résigner à laisser échapper certains aspects de la réalité pour pouvoir avoir accès à d'autres.
Avec la formulation causale de la dynamique nous nous situons donc dans le prolongement des efforts de Bohr et de Rosenfeld pour obtenir une conception *positive* de la nouvelle situation épistémologique. Il nous faut, pour ce faire, abandonner radicalement jusqu'au 'fantasme heuristique' d'un niveau physique fondamental, aussi complexes que soient les éléments dont on voudrait le composer. Il nous faut définir positivement le *choix* du mode de description, choix dont la nécessité a été la grande découverte de la mécanique quantique.
Suivant en cela Gilles Deleuze[1], nous suggérons que l'affirmation positive de la nécessité du choix implique la reconnaissance du caractère positif du *problème*, implique que l'on ne réduise pas le travail de résolution du problème à la découverte d'une vérité préexistante, à la disparition d'un état purement factuel d'ignorance. Soutenir que la notion de niveau fondamental n'a pas de sens, c'est en effet aussi soutenir que la description physique *pose un problème* dont la solution n'est pas contenue identiquement dans un 'état de choses' indépendant de l'homme.

Lorsque nous posons la question de savoir si nous allons décrire le système en termes de particules localisées dans l'espace et dans le temps ou en termes de processus qui *prennent du temps*, il ne s'agit pas de savoir quel type d'approximation d'une vérité préexistante nous allons déduire des données à notre disposition. Il s'agit pour l'homme de science de décider *quel* problème poser. C'est à lui de poser les questions. Il ne 'découvre' pas les réponses dans la nature. Il ne les invente pas non plus, bien sûr. Les réponses sont produites par son travail de résolution. Il lui faut instaurer un champ problématique à l'intérieur duquel la question ait un sens, déterminer les conditions propres à spécifier le problème et à le rendre soluble. La solution obtenue est le produit d'un travail physico-mathématique au même titre que toute observation scientifique est le produit d'un travail très spécifique d'expérimentation.
Il est, de ce point de vue, tout à fait caractéristique que, pour obtenir la formulation causale de la dynamique, pour formuler le problème dynamique en termes tels que l'irréversibilité y soit déjà contenue, pour rendre explicite le brisement de symétrie au niveau des équations différentielles, il faille renoncer à l'illusion que le problème différentiel peut être séparé de ses conditions aux limites. On invoque généralement le fait que celles-ci constituent une adjonction apparemment arbitraire, étrangère aux termes du problème différentiel; en fait, seules les conditions aux limites confèrent au problème son sens physique; leur adjonction n'a rien d'arbitraire puisqu'elle est exigée de l'intérieur même du problème pour le rendre soluble.
D'autre part, la formulation causale de la dynamique institue au coeur de la physique cette évidence refoulée: les mesures de processus comme l'absorption, la collision et la décomposition ne sont pas réductibles à

la fiction d'une mesure instantanée et réversible. Elles prennent du temps et supposent la causalité. *L'appareil de mesure comme le travail du physicien impliquent essentiellement une orientation dans le temps que l'adjonction de la causalité ne fait que rendre explicite.*

Il importe donc de noter que, avec la reformulation de la dynamique, ce n'est pas la mise en évidence, par une élucidation formelle, de vérités toujours déjà contenues dans la physique mathématique que nous tentons. Il ne s'agit pas de dissiper des malentendus qu'une axiomatisation soigneuse de la physique aurait pu éviter dans leur principe. La reformulation de la dynamique n'est pas purement formelle, elle implique une nouvelle *position du problème* de la description physique, une remise en question qui révèle à la fois les insuffisances conceptuelles de la physique classique et le caractère ouvert et problématique de l'entreprise physique. La nouvelle position épistémologique dans laquelle nous tentons de nous situer se caractérise par l'impossibilité de fixer et de caractériser le travail scientifique par le réseau d'oppositions qu'on lui associait généralement: réductionisme-antiréductionisme, subjectif-objectif, unité-pluralité de la nature. Ces oppositions apparaissent désormais comme des aspects différents et complémentaires d'une réalité que sa multiplicité intrinsèque empêche d'être emprisonnée dans une vérité générale unique.
Nous voyons donc se dessiner une nouvelle intelligibilité pour le travail scientifique, qui ne repose plus sur l'idéal de l''objectivité' comme indépendance par rapport à celui qui décrit, mais exclut du même coup l'arbitraire, la subjectivité, le pragmatisme que l'on opposent généralement à une telle objectivité. Tentons de dégager la cohérence interne de la conception du travail scientifique que nous proposons ici.

L'ancienne intelligibilité de la physique a été dévoilée par la mécanique quantique comme le produit d'une double opacité. La cohérence interne que nous proposons implique une double exigence d'intelligibilité qui articule et relie les deux pôles opposés mis à jour par la mécanique quantique. Il faut d'une part, que la description dynamique dans sa formulation causale puisse, comme le demandaient des matérialistes comme Diderot, rendre intelligible l'apparition spontanée de systèmes actifs, l'apparition de la vie, l'apparition de quelque chose comme l'homme. Il faut d'autre part, que le travail de résolution, et, en particulier, l'incorporation de la causalité dont il a fallu admettre la nécessité pour obtenir la formulation causale de la dynamique, soit intelligible comme mode d'activité d'un organisme *naturel*. Il nous semble possible d'affirmer que cette double exigence est remplie.
Elle nous a menés à abandonner le fantasme d'une réalité unique, faisant l'objet d'une description de survol, celui d'un sujet scientifique contemplant cet objet, sans interagir avec lui autrement que par des 'mesures' à la fois instantanées et réversibles, celui d'un sujet découvrant une vérité préexistante dans ces *données* offertes telles qu'elles.

Des voies sont ouvertes, qui pourraient mener loin du sujet épistémologique découvreur de vérités préexistantes qui constitue la contrepartie du monde plat et fondamentalement simple de la science classique, loin aussi du sujet manipulateur et exploiteur corrélat de la thermodynamique classique. Des voies qui mènent à une conception du travail scientifique comme exploration, découverte peut-être, mais en une démarche qui organise les points de vue, coordonne les perspectives, choisit les paramètres pertinents sans nier tous les autres, sans ignorer les implications de la sélection qu'elle opère. Démarche qui convient à un être naturel au sein d'une nature qui, grâce à des idéalisations conceptuelles et techniques, est certes prévisible, voire transformable et manipulable, mais localement seulement, pour un repérage forcément partiel et relatif.

Concevoir le sujet de la connaissance comme être biologique, et comme participant à une société et à une histoire ce n'est pas seulement s'adresser à la biologie, ou à la sociologie, et tenter d'utiliser directement les éléments d'information que ces disciplines pourraient nous fournir, comme si ce n'était là que des données; ce serait succomber, précisément, aux illusions dénoncées par la physique. Par contre, devraient nous intéresser la démarche exploratoire, les traits pertinents qui, dans ces disciplines, se sont avérés convenir de manière privilégiée.

Ainsi, Deleuze recourt aux travaux des embryologistes qui ont montré que les repères conceptuels sélectionnés par la biologie fonctionaliste des organismes vivants adultes, dans un monde stable et familier, ne conviennent pas pour décrire le développement, dramatique, de la larve. Celle-ci se constitue en constituant son rapport au monde; elle n'est pas autonome et organisée, *face* à un monde auquel elle doit s'adapter; les problèmes de sa relation avec le milieu ne *lui* sont pas posés comme si, dans son identité, elle leur préexistait; elle les subit et, par eux, prend corps, s'incarne. Et Deleuze écrit: « Il n'est pas sûr en ce sens que la pensée... puisse être rapportée, comme dans le *cogito* cartésien, à un sujet achevé, bien constitué; la pensée est plutôt de ces mouvements terribles qui ne peuvent être supportés que dans les conditions d'un sujet larvaire... Seuls de tels sujets peuvent faire le mouvement forcé, en se faisant le patient des dynamiques qui l'expriment. Même le philosophe est le sujet larvaire de son propre système ». (*Différence et Répétition*, p. 156).

L'histoire des sciences, qui réussit de nos jours à échapper à sa définition stérile d'histoire d'une entreprise purement intellectuelle menée par des êtres intemporels et désincarnés (à l'exception des accidents corporels déclencheurs ou occasions de découvertes, rêves ou rhumes), explore les dimensions multiples de l'insertion des sciences dans la société, ainsi que de l'organisation sociale de la science elle-même. Là également est mise à mal l'idée d'une science autonome, d'un scientifique maître de sa pratique, ayant un rapport entièrement volontaire, conscient, délibératif avec les critères grâce auxquels il juge son objet. La description de Kuhn révèle plutôt que ce scientifique, que cette science sont des *effets*, produits;

il décrit la manière dont l'initiation à une discipline, le type de travail de recherche, l'organisation de la communauté scientifique *peuvent* produire un chercheur à qui est dissimulé le caractère exploratoire de sa propre démarche, et de celle de sa communauté, qui peut croire que la nature lui offre 'spontanément', comme seules valables, les perspectives qu'il explore, les objets qu'il étudie. Et les 'mouvements forcés' de la science, les révolutions scientifiques qu'une communauté subit, pour les oublier le plus vite possible, sont ceux qui ont contraint l'historien des sciences à chercher, au-delà des illusions rassurantes, les dimensions multiples du processus où se constituent les sujets scientifiques et leurs objets.

Les tentatives de réimmerger l'activité de connaissance rationnelle parmi les autres activités d'être sociaux, vivants et parlants, sont généralement taxées de pragmatisme par les défenseurs de la pureté de la problématique épistémologique. Une vérité qui ne serait pas découverte mais produite est décrite alors comme une contradiction dans les termes, qui dissimule la réalité purement sociale de conventions, de calculs, de recettes efficaces, fondés sur le seul critère de l'utilité, de l'efficience dans la manipulation des choses et des hommes. Mais ce pragmatisme, lui aussi, suppose un sujet conscient, volontaire, délibératif, qui n'est pas essentiellement différent du sujet de l'épistémologie classique; il s'agit donc d'une conception de la vérité *par défaut*, conséquence résignée de l'impossibilité reconnue pour des êtres vivants d'accéder au type de vérité du rationalisme classique. C'est le sens et l'intérêt des conceptions du travail scientifique en termes de *problèmes* — conceptions qui, comme Popper a essayé de le montrer, peuvent être étendues à la biologie et aux sciences de l'évolution, que de tenter d'arriver à une notion de vérité *produite mais parfaite en tant que telle*, à un fonctionnement producteur de vérité, et qui produise *en même temps* les critères de cette vérité, les critères permettant de juger l'objet, et le résultat du travail, l'ensemble des critères que les pragmatistes doivent considérer comme préexistant si le calcul d'efficacité doit avoir un sens.

L'épistémologie instruite par l'histoire des sciences et les sciences de la nature se rencontrent ainsi dans la nécessité de penser le changement, de reconnaître le devenir et la stabilité comme inséparables, d'abandonner donc l'idée que ce qui est stable est, par là même, légitime, et s'impose en droit et avec nécessité dans un monde pacifié. Qu'une entité fonctionnelle stable puisse être issue d'un choix, violent parce qu'échappant à ses propres règles de fonctionnement, et à la merci d'une autre violence, c'est la conclusion à laquelle nous a menés la thermodynamique. Que cette conclusion semble pouvoir éveiller des résonances dans d'autres domaines manifeste que le concept d'ordre par fluctuation traduit, au niveau de la physique, une perspective intellectuelle beaucoup plus vaste.

Les problèmes de l'ordre, de la stabilité, du changement et de la nouveauté se posent à tous les niveaux; ils ont toujours constitué des points cruciaux

où se jouait la possibilité d'une unité des différents champs du savoir, la possibilité d'une conception de la connaissance comme processus naturel, appartenant au monde naturel. L'alternative entre une conception de l'ordre intelligible en termes de permanence et excluant toute évolution qui ne serait pas prédéterminée, et un devenir 'libre' mais arbitraire et irrationnel traverse l'ensemble des champs du savoir. De la même manière, l'intelligibilité d'un devenir comme exploration de domaines de stabilité, la conception de la constitution progressive d'une entité essentiellement ouverte sur son milieu comme passage par une série d'instabilités, une série de problèmes posés par le milieu et dont elle incarnerait véritablement les solutions, pourrait être féconde dans diverses disciplines telles la biologie, l'écologie, la psychologie, l'économie, les sciences sociales.

En effet, chaque fois que le problème se pose d'une activité cohérente engendrée à partir d'une multiplicité en interaction, se sont posées les questions du réductionisme et de l'émergence, du rapport des éléments à la totalité, se pose maintenant le problème de la stabilité, du destin des fluctuations, de la nature des mécanismes de rétroaction qui ont permis l'apparition d'une structure et en provoqueront l'éventuelle instabilité.

Tant du point de vue de la conception du travail scientifique que de la description de la nature produite par ce travail, semble de nouveau possible une pensée de l'unité du monde naturel: du processus de production naturel et du travail conceptuel. L'époque des illusions épistémologiques, qui isolaient le scientifique et le rejetaient du monde naturel, est en train de s'achever; la discipline qui a, plus que toute autre, suscité ces illusions, inscrit désormais explicitement dans les descriptions qu'elle produit une référence au type de travail qui les produit. L'opposition entre la limpidité de la description scientifique et l'opacité de ses conditions de possibilité est ainsi dissoute et il nous est possible de penser, au-delà des catégories modernes de la représentation et de l'opposition sujet-objet, l'appartenance essentielle de la science au devenir de la nature définie comme productrice de problèmes.

Jacques Monod a défini la pensée scientifique du 20e siècle par la rupture de l'ancienne alliance, par la prise de conscience par l'homme de sa solitude dans un univers dont il se croyait le centre et le sens et où il se découvre tzigane errant en marge des lois.

L'ancienne alliance est bien morte, en effet, et non pas seulement l'archaïque alliance animiste ou l'harmonieuse alliance vitaliste. Est morte aussi l'alliance chrétienne qui, au 17e siècle, permit à l'homme de science de décrire une nature inerte et dominée sans s'identifier à cette nature, sans concevoir comme une condamnation de l'idéalisation galiléenne le caractère désormais opaque de la relation entre la nature matérielle et l'être pensant qui la décrit. De cette alliance là, la pensée de Monod est encore tributaire; restée inexprimée, elle grevait ses conclusions d'une formi-

dable contradiction: mais qui est cet homme formé par hasard d'une association d'atomes, pour découvrir sa solitude et l'indifférence de l'univers?

Le problème du 20e siècle est celui d'une nouvelle alliance épistémologique entre l'homme et la nature, qui affirme leurs rapports coextensifs, qui affirme l'aventure exploratrice de la nature à travers toutes les illusions qu'elle suscite d'identité stable et de vérité éternelle.

I. P. et I. S.

REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement Monsieur le Professeur P. Glansdorff pour les remarques intéressantes qu'il nous a faites. Ce travail est publié avec l'aide du Ministère de l'Education Nationale et de la Culture Française et du Ministère de l'Education Nationale et de la Culture Néerlandaise.

BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES

Références générales

1 DELEUZE, G., *Différence et répétition*, Paris, PUF, 1972. *Proust et les signes*, édition augmentée, Paris, PUF, 1972.

2 DIDEROT, D., *Oeuvres*, Paris, Pléiade, 1935, p. 670-671.

3 FOUCAULT, M., *Les mots et les choses, une archéologie des sciences humaines*, Paris, Gallimard, 1966.

4 GUSDORF, G., *La révolution galiléenne*, Paris, Payot, 1969. *Dieu, la Nature, l'Homme au siècle des Lumières*, Paris, Payot, 1972.

5 Nous ne pouvons accepter l'irrationalisme qui, à nos yeux, fonde cette thèse de la liaison essentielle soutenue, par exemple, par HEIDEGGER, M. *Qu'est-ce qu'une chose?*, Paris, Gallimard.

6 KOYRÉ, A., *a*) *Etudes galiléennes*, Paris, Hermann, 1939. *b*) *Etudes Newtoniennes*, Paris, Gallimard, 1968, p. 42-43.

7 MONOD, J., *Le hasard et la nécessité*, Paris, Seuil, 1970.

8 NEEDHAM, J., *La science chinoise et l'Occident; le grand titrage*, traduction E. Jacob, Paris, Seuil, 1973.

8 WHITEHEAD, A. N., *Science and the Modern World*, Cambridge, Cambridge University Press, 1927.

Thermodynamique

10 ALLEN, P., *Darwinian Evolution and a Predator-prey Ecology*, in *Bulletin of Mathematical Biology*, 37, 1975.

11 BRUSH, S., *Thermodynamics and History*, in *The Graduate Journal*, vol. VII, n° 2, p. 477-565, Austin, 1967. *Kinetic Theory*, vol. 1, *The Nature of Gases and Heat*, Oxford, Pergamon Press, 1965; vol. 2, *Irreversible Process*, Oxford, Pergamon Press, 1966.

12 CARDWELL, D., *From Watt to Clausius*, London, Heinemann, 1971.

13 EIGEN, M., *Selforganization of Matter and the Evolution of Biological Macromolecules*, in *Naturwissenschaften*, vol. 58, p. 465-523, 1971.

14 GLANSDORFF, P. et PRIGOGINE, I., *Structure, stabilité et fluctuation*, Paris, Masson, 1971.

15 PRIGOGINE, I., *La thermodynamique de la vie*, in *La Recherche*, Vol. 3, n° 24, p. 547-562, 1971.

16 PRIGOGINE, I., NICOLIS, G., BABLOYANTZ, A., *Thermodynamics of Evolution*, in *Physics Today*, I, vol. 25, n° 11, p. 23-28, II, vol. 25, n° 12, p. 38-44, 1972.

17 PRIGOGINE, I. et NICOLIS, G., *Self Organization in Non Equilibrium Systems*, New York, Wiley, 1977.

Epistémologie de la mécanique quantique

18 BOHR, N., *Physique atomique et connaissance humaine*, Paris, Gauthier-Villard, 1972.

19 D'ESPAGNAT, B., *Conceptions de la physique contemporaine*, Paris, Hermann, 1965. *Logique quantique et non séparabilité*, in *The Physicist's Conception of Nature*, ed. J. MEHRA, Dordrecht-Holland, D. Reidel Pub. Comp., 1973.

20 HEISENBERG, W., *Physics and Philosophy*, 3e ed., London, Allen and Unwin, 1971.

21 JAMMER, M., *The Conceptual Development of Quantum Mechanics*, New-York, Mac Graw Hill, 1968.

22 KÖRNER, S. (ed.), *Observation and Interpretation*, Butterworth's Scientific Publications, London, 1957.

23 PETERSEN, A., *Quantum Mechanics and the Philosophical Tradition*, MIT Press, 1968.

24 ROSENFELD, L., *L'évidence de la complémentarité*, in *Louis de Broglie, Physicien et Penseur*, Paris, Albin Michel, 1953; in *Nature*, 190, 384 1961. *The Measuring Process in Quantum Mechanics*, in *Supp. of the Progress of Theoretical Physics*, 222, 1965.

25 TOULMIN, S. (ed.), *Physical Reality, Philosophical Essays on Twentieth Century Physics*, Harper Torchbooks, New York, 1970.

Irréversibilité et brisement de symétrie

26 GEORGE, C., PRIGOGINE, I. and ROSENFELD, L., *The Macroscopic Level of Quantum Mechanics*, in *Det Kong. Danske Vidensk. Selks. Math. Phys. Medd.* 38, 12, 1972.

27 PRIGOGINE, I., *The Statistical Interpretation of Non-Equilibrium Entropy*, *Acta Physica Austriaca*, Supp. X, 401-450, 1973. *Time, Irreversibility and Structure*, in *The Physicist's Conception of Nature*, J. MEHRA (ed.), Dordrecht-Holland, D. Reidel Publ. Comp., 1973. *Measurement Process and the Macroscopic Level of Quantum Mechanics*, id. *La naissance du temps*, *Acad. Roy. Belg., Bull. Cl. Sci.*, 1973. *Irreversibility as a Symmetry-breaking Process*, in *Nature*, 248, 67-71, 1973. *Physique et Métaphysique*, *Acad. Roy. Belg. Bulletin spécial du Bicentenaire*, 1974.

28 PRIGOGINE, I., GEORGE, C., HENIN, F. and ROSENFELD, L., *A Unified Formulation of Dynamics and Thermodynamics*, in *Chemica Scripta*, vol. 4, p. 5-32, 1973.

La Nuova Alleanza

Seconda parte - L'estensione della dinamica: verso una scienza umana della natura

ILYA PRIGOGINE
Université Libre de Bruxelles
University of Texas, Austin

ISABELLE STENGERS
Université Libre de Bruxelles

LA DOPPIA VERITÀ DELLA MECCANICA QUANTISTICA - III

Prima di parlare dei lavori recenti condotti dal nostro gruppo, tendenti ad elaborare una interpretazione propriamente dinamica dell'irreversibilità, è necessario tentare di comprendere in quale contesto questo tentativo sia stato reso possibile; in altri termini, dobbiamo parlare della profonda crisi epistemologica che lo sviluppo della meccanica quantistica ha provocato nel seno della fisica.

Retrospettivamente, non v'è nulla di stupefacente nel fatto che sia stato riservato alla meccanica quantistica di scuotere i fondamenti galileiani della fisica. Il tipo di sistemi descritti dalla meccanica quantistica imponeva in effetti che esplodesse alla luce del giorno un conflitto fino ad allora rimasto implicito all'interno della fisica, conflitto tra il modo di descrizione — reversibile — dei sistemi fisici e il modo di misura, *processo di registrazione*, e dunque essenzialmente irreversibile, dei numeri che descrivono il sistema.

Conflitto fino ad allora ignorato nella misura in cui l'irreversibilità delle misure in fisica classica non era considerata come essenziale, ma attribuita alla modalità degradata di ogni misura concreta, rispetto alla misura ideale, reversibile e istantanea: misura dello spazio con il metro campione e del tempo con l'orologio. Vi è un legame essenziale tra il carattere reversibile della misura ideale e l'esigenza, esplicitata dal formalismo hamiltoniano, che tutti i numeri che intervengono nella descrizione fisica del sistema possano essere ricondotti a *localizzazioni* spaziali istantanee[23].

Ora, il carattere irreversbile della misura, che appariva come accessorio e suscettibile di essere eliminato in fisica classica, è apparso immediatamente come fondamentale ai fondatori della meccanica quantistica come Bohr e Heisenberg[18,20,21]. Fin dall'inizio, essi hanno insistito sul fatto che nella descrizione dei fenomeni microscopici entrano sempre dei processi irreversibili come l'emissione e l'assorbimento di quanta di luce, processi fotochimici, registrazione e amplificazione da parte di un apparecchio di misura[22,24].

Abbiamo visto che la meccanica quantistica aveva incorporato il formalismo hamiltoniano. Tuttavia la descrizione è ora in termini di una funzione d'onda che evolve nel tempo e non in termini di coordinate e di momenti a loro volta funzione del tempo. Il carattere reversibile dell'evoluzione si pone ora in rapporto con l'evoluzione della funzione d'onda. Questa si esprime in termini di una sovrapposizione di stati stazionari caratterizzati da livelli di energia corrispondenti. In nessuna parte della funzione d'onda intervengono grandezze come sezione efficace, vite medie e, in generale, tutte le grandezze che caratterizzano i processi che

compaiono nella misura. Ora, è soltanto a seguito di tali processi che possiamo ottenere i numeri caratterizzanti gli stati quantici stazionari nei cui termini la funzione d'onda è espressa.
Essendo gli stati stazionari per definizione stati in cui non avviene nulla, noi non potremmo dirne nulla se fossero effettivamente stazionari; è soltanto quando il sistema passa da uno stato stazionario ad un altro che è accessibile il numero grazie al quale la meccanica quantistica può caratterizzare un sistema come se si mantenesse indefinitamente in questo o quello stato stazionario.
Qui è l'origine dei grandi paradossi della meccanica quantistica. Come è stato sottolineato spesso da Bohr e Rosenfeld, la funzione d'onda quantistica non ha alcun significato fisico finché non sia stata effettuata la scelta dei numeri che la caratterizzano e dello stato stazionario che la descrive, finché non sia stata realizzata la misura corrispondente. In altri termini, le condizioni di osservazione del sistema quantistico fanno parte indissolubilmente della sua definizione come oggetto di conoscenza fisica.

Molte difficoltà di interpretazione del formalismo quantistico[19] hanno per origine il tentativo di dedurre dalla funzione d'onda stessa, retta, lo si è detto, da una equazione di evoluzione reversibile, la riduzione che essa subisce quando una misura ha reso effettiva la definizione dell'oggettività del sistema, di dedurre cioè da una descrizione in termini di stati stazionari un processo irreversibile, totalmente incomprensibile in termini di stati stazionari.
Il formalismo della meccanica quantistica è un fatto fondato sull'affermazione simultanea di due termini mutuamente incompatibili, essendo ciascuno necessario perché l'altro abbia un significato fisico. Il processo irreversibile è necessario perché sia *conosciuto* lo stato stazionario, che da allora cessa di essere tale; la meccanica quantistica non può descrivere il processo che in termini di *transizione tra stati stazionari*, e lo considera come totalmente incomprensibile senza questo riferimento a concetti nei cui termini esso è privo di significato. Nello stesso modo, la meccanica quantistica oppone e afferma simultaneamente la necessità della funzione d'onda e dello strumento di misura e definisce il fenomeno quantistico mediante un doppio mistero[25], quello del sistema in sé, la cui evoluzione dinamica è reversibile ma inconoscibile, e quello dell'operazione di misura, irreversibile e incomprensibile in termini dinamici. In altre parole, la meccanica quantistica è stata certamente costretta ad abbandonare il fantasma della descrizione da un punto di vista esterno, il fantasma del puro intelletto che contempla il sistema 'quale esso è', restandogli estraneo; essa ha dovuto ammettere che l'oggettività non può essere definita senza riferimento alle condizioni di osservazione; ma rinunciando al fantasma del punto di vista divino, essa ha rinunciato anche alla possibilità stessa di descrivere un sistema in termini di evoluzione dinamica.
Ricordando il ravvicinamento spesso stabilito tra problema kantiano e situazione epistemologica della meccanica quantistica, sarebbe giusto parlare della *struttura riflessiva* della descrizione quantistica; la descrizione quantistica contiene intrinsecamente una riflessione sulle sue proprie condizioni di possibilità, sulla situazione osservazionale che l'ha resa possibile; e, come il fenomeno kantiano, il fenomeno quantistico non può esser definito che mediante la doppia opacità dei due termini che non si definiscono se non attraverso la loro mutua opposizione.

Si potrebbe esser tentati di considerare questa opposizione come insuperabile, di vedervi, forse, il prezzo pagato finalmente dal fisico, per la sua impresa di matematizzazione della natura. È probabilmente perché la meccanica quantistica appariva così come un limite assoluto, che essa ha suscitato le affermazioni metafisiche più straordinarie (stato dello spirito integrato nelle equazioni fisiche, influenza diretta dell'osservazione psichica sul sistema, ed anche

universi che si demoltiplicano in linee parallele ad ogni riduzione della funzione d'onda...)[19].

Vorremmo superare questo atteggiamento di fascino, legato ad una identificazione troppo rapida della dinamica classica con la descrizione fisica e dei suoi limiti con limiti intrinseci alla fisica, o anche al pensiero razionale. La meccanica quantistica non è critica se non perché essa pone come *problema* ciò che era stato dato per *acquisito* dal XVII secolo, l'incompatibilità tra processo e descrizione dinamica. Ricordiamo la conclusione di Koyré, a proposito della tragedia dello spirito moderno che « risolse l'enigma dell'universo per rimpiazzarlo con un altro; l'enigma di se stesso ». « Così il mondo della scienza — il mondo reale — si allontanò e si separò interamente dal mondo della vita, che la scienza è stata incapace di spiegare, sia pur tramite una spiegazione dissolvente che ne facesse una apparenza 'soggettiva'. Due mondi, ciò che significa due verità o nessuna verità del tutto »[6b].

Nessuna verità, è la tentazione nichilista della meccanica quantistica. E pertanto, simultaneamente, la sua sfida costituisce la più grande opportunità data alla fisica per superare i limiti istituzionali della fisica classica, per non accettare più il processo di misura *soltanto* come l'approdo di chi è ricacciato ad una scienza che lo nega, creando così la doppia opacità dell'evoluzione dinamica e dello strumento di misura, per concepire una descrizione dinamica del meccanismo fisico dell'evoluzione dei sistemi in cui i numeri non caratterizzerebbero più degli stati stazionari ma dei processi di transizione tra livelli di energia, di collisione, di decomposizione di particelle. Una descrizione che supererebbe l'opposizione storica tra descrizione 'oggettiva' e irreversibilità.

La necessità di una interpretazione dinamica dell'irreversibilità è dunque imposta sia dalla meccanica quantistica, sia dalla scoperta delle strutture dissipative; queste ultime costituiscono la promessa, da ritenersi vantaggiosa, di spazi di comprensione nuova. Tale comprensione prospetterebbe il superamento del fantasma della reversibilità fondamentale del mondo che, Koyré ce lo ricorda, noi dovremmo, in quanto fisici, postulare come il solo reale.

Ciò nonostante il problema non è di orientarci verso una soluzione troppo facile, di conferire ad esempio un carattere irreversibile all'evoluzione di un sistema, aggiungendo puramente e semplicemente un termine di attrito, che permetterebbe una dissipazione progressiva dell'energia, ma renderebbe incomprensibile l'evoluzione verso l'equilibrio — perché il sistema non continuerebbe a evolvere verso lo zero assoluto, verso la dissipazione totale della sua energia? In altri termini, è escluso che, per rendere intelligibili i processi irreversibili, noi si debba rendere impossibile la comprensione della reversibilità e dell'equilibrio.

IRREVERSIBILITÀ E CAUSALITÀ - IV

Siamo così ogni volta ricondotti al problema dell'irreversibilità e del suo statuto, in rapporto alla dinamica 'reversibile' classica o quantistica.

Solo recentemente[26,27,28] questo statuto dell'irreversibilità ha potuto esser precisato, mostrando che si tratta di fatto d'una *rottura di simmetria*, derivante dall'esplicita incorporazione della 'causalità' nelle equazioni della dinamica.

Vediamo più da vicino ciò che questo vuol dire. La meccanica, sia classica che quantistica, può esprimersi mediante equazioni differenziali che determinano l'evoluzione nel corso del tempo di una funzione di distribuzione, caratterizzante lo stato statistico del sistema. Una tale formulazione, in termini di funzione di distribuzione, tiene conto del fatto che noi possiamo non conoscere lo stato iniziale preciso del sistema; per cui, il fatto di partire da un insieme di stati iniziali e non da uno solo, di studiare una famiglia di traiettorie e non una sola, non implica alcuna nuova proprietà fisica. L'evoluzione della funzione di distribuzione è una evoluzione *dinamica;* essa permette

di calcolare in ogni istante il valore medio di ogni grandezza associata al sistema.

Lo stato statistico descritto dalla funzione di distribuzione può esser compreso in due modi diversi. Può esser compreso sia in termini dello stato delle particelle interagenti e componenti il sistema dinamico, in termini dunque delle loro coordinate e dei loro momenti, sia in termini delle relazioni tra le particelle, in termini di 'correlazioni'. Il primo punto di vista è quello della usuale meccanica classica e quantistica. Il secondo è quello che noi abbiamo sviluppato.
La riformulazione della dinamica in termini di una dinamica delle correlazioni, la descrizione dell'evoluzione di un sistema in termini dell'evoluzione delle correlazioni, delle loro trasformazioni da un tipo ad un altro, non costituiscono certo una nuova dinamica. Tuttavia, la differenza dei due punti di vista non è insignificante. In effetti un concetto come quello di irreversibilità non ha un senso chiaro in una formulazione in termini di traiettorie di particelle. Al contrario, espressa in termini di correlazioni, in termini di meccanismi di collisioni, tramite le quali le correlazioni evolvono, la nozione di irreversibilità può assumere un senso preciso, quello di un processo dinamico nel corso del quale certi tipi di correlazione vengono *abbandonati*. In effetti, mettendo in forma appropriata le equazioni differenziali che descrivono l'evoluzione dinamica delle correlazioni, abbiamo mostrato che, considerando il limite dei grandi sistemi, formati per esempio da un gran numero di unità interagenti, sistemi che rispondono alle condizioni dette 'di dissipazione', si produce un fenomeno nuovo: le equazioni differenziali fornivano *soluzioni diverse* a seconda che esse corrispondessero a valori del tempo positivi o negativi.
Se si risolve matematicamente una equazione differenziale, si può ottenere lo stato del sistema ad un dato istante ($t = 0$) e calcolare sia un suo stato ulteriore nell'avvenire ($t > 0$), sia un suo stato anteriore nel passato ($t < 0$). Al primo di questi casi corrisponde un problema alle condizioni '*iniziali*', al secondo, un problema alle condizioni '*finali*'.
Per i sistemi che rispondono alla condizione di dissipazione, *soluzioni diverse* delle equazioni differenziali corrispondono a questi due problemi.
Ne consegue che la soluzione di un problema dinamico implica che non si utilizzi che una parte delle soluzioni ammesse dalle equazioni differenziali. In matematica, non prendere in considerazione che una parte delle soluzioni di un problema, significa rompere la simmetria delle equazioni differenziali che lo caratterizzano. Fisicamente, per un problema alle condizioni iniziali, è la *nozione di causalità* che permette di selezionare quali soluzioni siano interessanti. La rottura di simmetria delle equazioni differenziali implica dunque che al problema posto in termini di equazioni differenziali, si aggiunga la considerazione della causalità che suppone una distinzione tra il 'prima' e il 'dopo', basata sull'opposizione tra evoluzione causale ed evoluzione finalizzata.

Riconosciuta la rottura di simmetria, abbiamo potuto andare più lontano e scrivere nuove equazioni dinamiche in cui la rottura di simmetria, e, dunque, anche la causalità, sono incorporate. Nella sua 'formulazione causale', l'evoluzione d'un sistema dinamico è descritta mediante due equazioni differenziali che differiscono secondo che tale evoluzione corrisponda a tempi positivi o negativi. La rottura di simmetria è dunque esplicita nei *termini* del problema, nelle equazioni differenziali, anziché apparire soltanto nell'integrazione, nella soluzione, a seguito dell'aggiunta delle condizioni al contorno.
La rottura di simmetria delle equazioni differenziali corrisponde, dal punto di vista della dinamica delle correlazioni, ad un processo irreversibile d'*abbandono* delle correlazioni. I sistemi 'dissipativi' sono quelli per i quali si può definire un termine di 'frizione dinamica' che conserva l'energia ma assicura una evoluzione irreversibile verso l'equilibrio. Conviene insistere qui su

una delle conseguenze dell'emergere dell'irreversibilità nella cornice di una dinamica delle correlazioni: è l'abbandono radicale della nozione di livello fondamentale di descrizione. Un processo dissipativo che conserva l'energia, un processo dinamico di abbandono delle correlazioni, non hanno alcun senso nel quadro di una descrizione in termini di linee dello spazio-tempo, in termini di un livello fondamentale i cui elementi restano identici a se stessi. Qual è il legame tra la descrizione iniziale ('reversibile') e la descrizione causale in cui appare esplicitamente la parte dissipativa dell'evoluzione che assicura il suo carattere irreversibile? Il problema che si pone è di fatto un problema di 'trasformazione'. Avevamo ricordato sopra la teoria delle trasformazioni canoniche, che generalizza quella del cambiamento di sistema di coordinate. Noi dobbiamo qui andar oltre di un altro passo e introdurre una nuova teoria di *trasformazioni non canoniche* che permetta di passare dalla rappresentazione hamiltoniana reversibile alla rappresentazione causale irreversibile.

La fisica classica e la meccanica quantistica hanno potuto, per una certa classe di fenomeni, realizzare in modo efficace l'idealizzazione galileiana e descrivere l'evoluzione del sistema in termini di stati stazionari o del movimento reversibile delle particelle classiche. Ogni volta che questa descrizione, hamiltoniana in senso lato, è possibile *per i sistemi dissipativi*, esiste una trasformazione che permette di passare da questa rappresentazione a quella in cui i numeri che interessano sono quelli che caratterizzano i processi di collisione, di decomposizione, di assorbimento o di emissione che generano l'evoluzione fisica del sistema. Così mediante condizioni molto generali, le leggi della dinamica classica o quantistica possono esser formulate in due maniere:

a) una formulazione hamiltoniana che contiene le leggi del movimento quantistico o classico delle particelle;

b) una formulazione dissipativa che contiene leggi sulla crescita dell'entropia.

Queste due formulazioni sono equivalenti nel senso che il valor medio di una osservabile descritta nelle due formulazioni sarà uguale. Ma questa equivalenza non è una semplice equivalenza unitaria, la trasformazione che le lega non è hamiltoniana. La descrizione del mondo implicata da queste due formulazioni è in effetti molto diversa. Nella prima, l'evoluzione di un sistema è descritta in termini di *movimenti*, come i movimenti dei corpi celesti che osservano gli astronomi. La seconda corrisponde alla descrizione di un sistema in termini di *processi* (*scattering*, reazione chimica, decomposizione, assorbimento, ...). È questa formulazione che dobbiamo utilizzare quando parliamo della misura, poiché è essa che ci permette di connettere l'evoluzione temporale dell'apparecchio di misura ai fenomeni fisico-chimici che vi si producono.

Siamo davanti ad una situazione tipica descritta dal principio di complementarità. È la misura che ci permette di riconoscere, in meccanica classica come in meccanica quantistica, le situazioni con *limiti semplici* (traiettorie reversibili, funzioni d'onda). Inversamente, è a partire da queste situazioni semplici che noi possiamo ricavare le situazioni dissipative che ci permettono di introdurre il concetto della misura. La formulazione causale e la formulazione hamiltoniana della dinamica sono complementari, ma la complementarità perde qui il mistero che le attribuiva la struttura riflessiva della meccanica quantistica.

La fisica classica aveva escluso una certa categoria di numeri e ci rendiamo conto oggi che una scelta ci è imposta: o descriviamo un sistema in termini di livelli di energia, di localizzazione istantanea nello spazio e allora dati quali le durate di vita e le sezioni efficaci non hanno più alcun significato: tentiamo di ricondurre il mondo fisico ad un mondo di oscillatori armonici e di traiettorie planetarie; oppure scegliamo di descrivere un mondo in cui gli oscillatori vanno smorzandosi, in cui l'energia si dissipa, in cui i movimenti rallentano, in cui le particelle si decompongono, ma allora non possiamo più parlare dell'energia che per valori

medi e risulta impossibile dare del sistema una descrizione spazio-temporale istantanea. La formulazione causale della dinamica mette in luce ugualmente quanto il tentativo di Boltzmann di dare, con il teorema *H*, una interpretazione dinamica del secondo principio rivestisse un carattere decisivo e quanto pertanto il tipo di situazione cui egli è approdato — e che ha interpretato in termini sempre meno dinamici e sempre più probabilistici — si allontani da quella in cui ci troviamo oggi.

Il teorema *H* di Boltzmann è fondato su una descrizione dell'evoluzione in termini di collisioni e sull'introduzione di elementi stocastici la cui giustificazione riposa su considerazioni estranee alla dinamica. Il formalismo causale fa apparire in effetti che, in situazioni semplici quali quelle studiate da Boltzmann, l'evoluzione irreversibile verso l'equilibrio può esser descritta in termini stocastici. Ma la descrizione probabilistica qui non è più il risultato di una approssimazione non dinamica e i concetti fisici introdotti da Boltzmann, in particolare quello di operatore di collisione, possono essere oggetto di un trattamento esatto. In casi semplici, il problema dell'irreversibilità può dunque ricevere la formulazione probabilistica introdotta da Boltzmann ma non è più l'introduzione di elementi stocastici che assicura l'irreversibilità dell'evoluzione; è al contrario proprio nel seno della dinamica che viene determinata la possibilità di una descrizione probabilistica.

IL PENSIERO LARVALE - V

Una delle più essenziali conseguenze della formulazione causale della dinamica è la *positiva* affermazione che essa implica, della necessità di negare ogni senso fisico alla nozione di livello fondamentale di descrizione. In nome della complementarità dei modi di descrizione, la meccanica quantistica ci aveva già invitato ad abbandonare il fantasma di un livello fondamentale di descrizione, indipendente dall'osservatore.

Ma essa, lo abbiamo visto, conservava alla base del suo formalismo la *funzione d'onda*, funzione la cui evoluzione dinamica risponde alla vecchia definizione di 'descrizione obiettiva', 'indipendente dall'osservatore', Essa doveva dunque affermare simultaneamente questa evoluzione dinamica 'obiettiva', e il fatto che questa evoluzione non ha alcun significato fisico indipendentemente dal processo di misura che, per quanto lo riguarda, non è giustificabile dalla descrizione dinamica.

In meccanica quantistica come in meccanica classica, la nozione di evoluzione dinamica e quella di 'obiettività', escludente l'uomo, possibile soltanto a seguito di una posizione di sorvolo, restano dunque associate. La meccanica quantistica ha potuto denunciare il fantasma, là dove la meccanica classica aveva sempre visto l'intelligibile per eccellenza; così facendo essa metteva in evidenza la contraddizione, inerente alla meccanica classica stessa, tra la descrizione dinamica e ciò per cui tale descrizione è possibile. Essa ha potuto così rivelare la doppia opacità alla base della descrizione fisica, la mutua esclusione e la reciproca implicazione dei poli 'obiettivi' e 'soggettivi', della 'misura' e di 'ciò che esiste indipendentemente dalla misura'. Essa, malgrado gli sforzi di Bohr e di Rosenfeld in questo senso, non ha potuto definire positivamente la nuova situazione epistemologica conosciuta sotto il nome di complementarità.

Così, per un gran numero di fisici, la complementarità continua a definirsi *negativamente* in relazione all'illusione conservata di una verità fisica in sé, essa continua ad indicare la necessità di assumere l'impossibilità *per l'uomo* di una descrizione completa della realtà, la necessità di rassegnarsi a lasciar sfuggire certi aspetti della realtà per poter avere accesso ad altri.

Con la formulazione causale della dinamica ci situiamo dunque nella scia del tentativo di Bohr e di Rosenfeld per dar vita ad una concezione *positiva* della nuova situazione epistemologica. Occorre, a questo fine, abbandonare radicalmente perfino il 'fantasma euristico' di un livello fisico fondamenta-

le, per quanto complessi siano gli elementi di cui si vorrebbe comporlo. Dobbiamo definire positivamente la *scelta* del modo di descrizione, scelta la cui necessità è stata la grande scoperta della meccanica quantistica.
Seguendo in ciò Gilles Deleuze[1], suggeriamo che l'affermazione positiva della necessità della scelta, implichi il riconoscimento del carattere positivo del *problema*, implichi che non si riduca il lavoro di soluzione del problema alla scoperta di una verità preesistente, alla eliminazione di uno stato di ignoranza puramente fattuale. Sostenere che la nozione di livello fondamentale non ha senso, in effetti significa anche sostenere che la descrizione fisica *pone un problema* la cui soluzione non è contenuta identicamente in uno 'stato di cose' indipendente dall'uomo.

Quando poniamo il problema di sapere se stiamo per descrivere il sistema in termini di particelle localizzate nello spazio e nel tempo o in termini di processi che *durano nel tempo*, non si tratta di sapere quale tipo di approssimazione di una verità preesistente si stia per dedurre dai dati a nostra disposizione. Per l'uomo di scienza si tratta di decidere *quale* problema porre. Sta a lui porre le domande. Egli non 'scopre' le risposte nella natura, anche se naturalmente non se le inventa. Le risposte sono prodotte dal suo lavoro di risoluzione. Egli deve instaurare un campo problematico, entro cui la domanda abbia un senso, e determinare le condizioni proprie per specificare il problema e renderlo solubile. La soluzione ottenuta è il prodotto di un lavoro fisico-matematico allo stesso titolo per cui ogni osservazione scientifica è il prodotto di una lavoro di sperimentazione molto specifico.
Da questo punto di vista, è del tutto caratteristico che, per ottenere la formulazione causale della dinamica, per formulare il problema dinamico in termini tali che l'irreversibilità vi sia già contenuta, per rendere esplicita la rottura di simmetria a livello delle equazioni differenziali, si debba rinunciare all'illusione che il problema differenziale possa esser separato dalle sue condizioni al contorno. Si invoca generalmente il fatto che queste costituiscono una aggiunta apparentemente arbitraria, estranea ai termini del problema differenziale; di fatto solo le condizioni al contorno conferiscono al problema il suo senso fisico; la loro aggiunta non ha nulla di arbitrario poiché essa è imposta dallo stesso problema per essere solubile.
D'altra parte, la formulazione causale della dinamica istituisce nel cuore della fisica questa profonda evidenza: le misure di processi come l'assorbimento, la collisione e la decomposizione non sono riducibili alla finzione di una misura istantanea e reversibile. Esse richiedono tempo e suppongono la causalità. *L'apparecchio di misura come il lavoro del fisico implicano essenzialmente un orientamento nel tempo che l'aggiunta della causalità non fa che rendere esplicito.*

Occorre dunque notare che, riformulando la dinamica, non tentiamo di mettere in evidenza, tramite una elucidazione formale, verità sempre già contenute nella fisica matematica. Non si tratta di dissipare dei malintesi che una accurata assiomatizzazione della fisica avrebbe potuto evitare in linea di principio. La riformulazione della dinamica non è puramente formale, essa implica una nuova *posizione del problema* della descrizione fisica, una rimessa in discussione che rivela insieme le insufficienze concettuali della fisica classica e il carattere aperto e problematico dell'impresa fisica.
La nuova posizione epistemologica nella quale tentiamo di situarci, si caratterizza mediante l'impossibilità di fissare e di caratterizzare il lavoro scientifico tramite il tessuto di opposizioni che gli si associano generalmente: riduzionismo - antiriduzionismo, soggettivo-oggettivo, unità-pluralità della natura. Tali opposizioni appaiono ormai come aspetti diversi e complementari di una realtà la cui intrinseca molteplicità impedisce che venga imprigionata in una verità generale unica.
Vediamo disegnarsi dunque una nuova in-

telligibilità per il lavoro scientifico, che non riposa più sull'ideale dell''oggettività' come indipendenza rispetto a colui che descrive, ma che esclude contemporaneamente l'arbitrario, la soggettività, il pragmatismo che vengono generalmente contrapposti ad una tale oggettività. Tentiamo di esplicitare la coerenza interna della concezione del lavoro scientifico che noi proponiamo qui.

La vecchia intelligibilità della fisica è stata svelata dalla meccanica quantistica come risultato di una doppia opacità. La coerenza interna che ci proponiamo implica una doppia esigenza di intelligibilità che articoli e colleghi i due poli opposti messi in luce dalla meccanica quantistica.

Da una parte è necessario che la descrizione dinamica, nella sua formulazione causale, possa, come richiedevano i materialisti come Diderot, rendere intelligibile la comparsa spontanea di sistemi attivi, la comparsa della vita, la comparsa di una cosa come l'uomo. Occorre d'altra parte che il lavoro di risoluzione, e, in particolare, l'incorporazione della causalità di cui è stato necessario ammettere la necessità per ottenere la formulazione causale della dinamica, sia intelligibile come modo di attività di un organismo *naturale*. Ci sembra possibile affermare che questa doppia esigenza è soddisfatta.

Essa ci ha condotto ad abbandonare il fantasma di una realtà unica, che costituisce l'oggetto di una descrizione di sorvolo, da parte di un soggetto scientifico che contempla questo oggetto, senza interagire con lui altrimenti che attraverso 'misure' nello stesso tempo istantanee e reversibili, di un soggetto che scopre una verità preesistente nei *dati* offerti tal quali.

Sono aperte vie che potrebbero portare lontano dal soggetto epistemologico scopritore di verità preesistenti e che costituisce la contro-partita del mondo piatto e fondamentalmente semplice della scienza classica, ma lontano anche dal soggetto manipolatore e sfruttatore che ha potuto ispirare la termodinamica. Delle vie che conducono ad una concezione del lavoro scientifico come esplorazione, scoperta forse, ma con un modo di procedere che organizza i punti di vista, coordina le prospettive, sceglie i parametri pertinenti senza negare tutti gli altri, senza ignorare le implicazioni della selezione che esso opera. Modo di procedere che conviene, per un essere naturale nel seno di una natura che, grazie alle idealizzazioni concettuali e tecniche, è certa, prevedibile, cioè trasformabile e manipolabile, anche se solo localmente, al fine di un recupero forzatamente parziale e relativo. Le vie di cui parliamo non sono altro che quelle che portano al soggetto della conoscenza come essere biologico, e come partecipante ad una società ed a una storia. Non si tratta soltanto di indirizzarsi alla biologia, o alla sociologia, e di tentare di utilizzare direttamente gli elementi di informazione che queste discipline potrebbero fornirci, come se si riducesse tutto a dati; sarebbe soccombere, precisamente, alle illusioni denunciate per la fisica. Al contrario dovrebbe interessarci il modo di procedere esplorativo, i tratti pertinenti che, in queste discipline, sono parsi convenire in maniera privilegiata. Così, Deleuze ricorre ai lavori degli embriologi che hanno mostrato come i capisaldi concettuali selezionati dalla biologia funzionalista degli organismi viventi adulti, in un mondo stabile e familiare, non si adattano a descrivere lo sviluppo, drammatico, della larva. Questa si costituisce costituendo il suo rapporto con il mondo; essa non è autonoma e organizzata, *nei confronti* di un mondo cui deve adattarsi; i problemi della sua relazione con l'ambiente non *le* sono posti come se, nella sua identità, essa preesistesse loro; essa li subisce e, mediante questi, prende corpo, si incarna. E Deleuze scrive: « Non è sicuro in questo senso che il pensiero ... possa essere rapportato, come nel *cogito* cartesiano, ad un soggetto compiuto, ben costituito; il pensiero sta piuttosto in quei movimenti terribili che non possono esser sostenuti che nelle condizioni di un soggetto larvale... Solo tali soggetti possono fare un movimento forzato, subendo le dinamiche che lo esprimono. Anche la filosofia è il soggetto larvale

del suo proprio sistema ». (*Différence et Répétition*, p. 156).

La storia delle scienze, che oggi riesce a sfuggire ad una sterile definizione di storia di una iniziativa puramente intellettuale, condotta avanti da esseri intemporali e disincarnati (ad eccezione di accidenti corporali, stimolo o occasione di scoperte, sogni o febbre), esplora le dimensioni multiple dell'inserimento delle scienze nella società, come anche dell'organizzazione sociale della scienza stessa. Qui ugualmente è messa in discussione l'idea di una scienza autonoma, di uno scienziato padrone della sua pratica, che mantiene un rapporto interamente volontario, cosciente e deliberante con i criteri in forza dei quali giudica il suo oggetto. La descrizione di Kuhn rivela piuttosto che questo scienziato, che questa scienza sono degli *effetti*, dei prodotti; egli descrive il modo in cui l'iniziazione ad una disciplina, il tipo di lavoro di ricerca, l'organizzazione della comunità scientifica *possono* produrre un ricercatore cui si dissimula il carattere esplorativo del suo proprio modo di procedere e di quello della sua comunità, e che può credere che la natura gli offra 'spontaneamente', come sole valide, le prospettive che egli esplora, gli oggetti che egli studia. E i 'movimenti forzati' della scienza, le rivoluzioni scientifiche, che una comunità subisce, per dimenticarli il più presto possibile, sono quelli che hanno spinto lo storico delle scienze a cercare al di là delle illusioni rassicuranti; mentre le dimensioni multiple del processo si costituiscono soggetti scientifici e loro oggetti. I tentativi di reimmergere l'attività della conoscenza razionale tra le altre attività di essere sociali, viventi e parlanti, sono generalmente tacciati di pragmatismo da parte dei difensori della purezza della problematica epistemologica. Una verità che non sarà scoperta ma prodotta è descritta allora come una contraddizione in termini, che dissimula la realtà puramente sociale di convenzioni, di calcoli, di ricette efficaci, fondati sul solo criterio dell'utilità, dell'efficienza nella manipolazione delle cose e degli uomini. Ma anche questa concezione pragmatista suppone un soggetto cosciente, volontario, deliberante, che non è essenzialmente diverso dal soggetto dell'epistemologia classica; si tratta dunque di una concezione della verità *per difetto*, conseguenza rassegnata dell'impossibilità riconosciuta per degli esseri viventi di accedere al tipo di verità del razionalismo classico. Il senso e l'interesse delle concezioni del lavoro scientifico in termini di *problemi* — concezioni che, come Popper ha cercato di mostrare, possono essere estese alla biologia e alle scienze dell'evoluzione — in termini del tentare di arrivare ad una nozione di verità *prodotta ma perfetta* in quanto tale, ad un funzionamento produttore di verità, è che tale lavoro scientifico produce *nello stesso tempo* i criteri di questa verità, i criteri che permettono di giudicare l'oggetto e il risultato del lavoro; l'insieme dei criteri che i pragmatisti devono considerare come preesistenti se il calcolo di efficacia deve avere un senso.

L'epistemologia istruita dalla storia delle scienze e le scienze della natura si incontrano così nella necessità di pensare al cambiamento, di riconoscere il divenire e la stabilità come inseparabili, di abbandonare dunque l'idea che ciò che è stabile è, per ciò stesso, legittimo e si impone di diritto e per necessità in un mondo pacificato. Che una entità funzionale stabile possa essere derivata da una scelta, violenta perché sfuggente alle sue proprie regole di funzionamento e grazie ad un'altra violenza, è la conclusione cui ci ha condotto la termodinamica. Che questa conclusione sembri poter svegliare risonanze in altri campi, rende manifesto il fatto che il concetto di ordine da fluttuazione traduce, a livello della fisica, una prospettiva intellettuale molto più vasta. I problemi dell'ordine, della stabilità, del cambiamento e della novità si pongono a tutti i livelli; essi hanno sempre costituito dei punti cruciali, sui quali si giocava la possibilità di una unità di diversi campi del sapere, la possibilità di una concezione della conoscenza come processo naturale, appartenente al mondo naturale. L'alternativa tra una concezione dell'ordine intelligibile in

termini di permanenza ed escludente ogni evoluzione che non fosse predeterminata, e un divenire 'libero' ma arbitrario e irrazionale, attraversa l'insieme dei campi del sapere. Nella stessa maniera, l'intelligibilità di un divenire come esplorazione di domini di stabilità, la concezione della costituzione progressiva di una entità essenzialmente aperta sul suo ambiente come passaggio per una serie di instabilità, per una serie di problemi posti dall'ambiente e di cui essa incarnerebbe veramente le soluzioni, potrebbero esser feconde in diverse discipline quali la biologia, l'ecologia, la psicologia, l'economia, le scienze sociali.
In effetti, ogni volta che si pone il problema di una attività coerente generata a partire da una molteplicità in interazione, si sono posti i problemi del riduzionismo e dell'emergenza, del rapporto tra gli elementi e la totalità; si pone ora il problema della stabilità, del destino delle fluttuazioni, della natura dei meccanismi di retroazione che hanno permesso l'apparizione di una struttura e ne provocheranno l'eventuale instabilità.

Sia dal punto di vista della concezione del lavoro scientifico che della descrizione della natura prodotta da questo lavoro, sembra nuovamente possibile un pensiero dell'unità del mondo naturale: del processo di produzione naturale e del lavoro concettuale. L'epoca delle illusioni epistemologiche, che isolavano lo scienziato e lo espellevano dal mondo naturale, sta concludendosi; la disciplina che più di tutte le altre ha suscitato queste illusioni inscrive ormai esplicitamente, nelle descrizioni che essa produce, un riferimento al tipo di lavoro che le produce. L'opposizione tra la limpidità della descrizione scientifica e l'opacità delle sue condizioni di possibilità è così dissolta e ci è possibile pensare, al di là delle categorie moderne della rappresentazione e dell'opposizione soggetto-oggetto, l'appartenenza essenziale della scienza al divenire della natura definita come produttrice di problemi.
Jacques Monod ha definito il pensiero scientifico del XX secolo sulla base della rottura della vecchia alleanza, sulla base della presa di coscienza da parte dell'uomo della sua solitudine in un universo di cui si credeva il centro ed il senso ed in cui si scopre tzigano errante, al margine della legge.
La vecchia alleanza è proprio morta, in effetti, e non solo l'alleanza arcaica animista o l'armoniosa alleanza vitalista. È morta anche l'alleanza cristiana che, nel XVII secolo, ha permesso all'uomo di scienza di descrivere una natura inerte e dominata senza identificarsi con questa natura, senza considerare una condanna dell'idealizzazione galileiana il carattere ormai opaco della relazione tra natura materiale ed essere pensante che la descrive. Di tale alleanza, il pensiero di Monod è ancora tributario; rimasto inespresso, esso appesantiva le sue conclusioni di una contraddizione formidabile: chi è quest'uomo emerso per caso da una associazione di atomi, per scoprire la sua solitudine e l'indifferenza dell'universo?

Il problema del XX secolo è quello di una nuova alleanza epistemologica tra l'uomo e la natura, che affermi i loro rapporti reciprocamente estesi, che affermi l'avventura esploratrice della natura attraverso tutte le illusioni che essa suscita di identità stabile e di verità eterna.

I. P. e I. S.

Traduzione: R. Morchio - Genova

RINGRAZIAMENTI

Ringraziamo vivamente il Prof. Glansdorff per i validi suggerimenti che ci ha dato. Il Ministero dell'Educazione Nazionale e della Cultura francese e il Ministero dell'Educazione Nazionale e della Cultura olandese hanno dato il loro contributo per la realizzazione di questo lavoro.

BIBLIOGRAFIA E NOTE

Riferimenti generali

1 DELEUZE, G., *Différence et répétition*, Paris, PUF, 1972. *Proust et les signes*, edizione ampliata, Paris, PUF, 1972.

2 DIDEROT D., *Oeuvres*, Paris, Pléiade, 1935, p. 670-1.

3 FOUCAULT, M., *Les mots et les choses, une archéologie des sciences humaines*, Paris, Gallimard, 1966.

4 GUSDORF, G., *La révolution galiléenne*, Paris Payot, 1969. *Dieu, la Nature, l'Homme au siècle des Lumières*, Paris, Payot, 1972.

5 Noi non possiamo accettare l'irrazionalismo che, a nostro avviso, fonda questa tesi del legame essenziale, sostenuto, ad esempio, da HEIDEGGER, M., *Qu'est-ce qu'une chose?*, Paris, Gallimard.

6 KOYRÉ, A., *a) Etudes galiléennes*, Paris, Hermann, 1939. *b) Etudes Newtoniennes*, Paris, Gallimard, 1968 p. 42-43.

7 MONOD, J., *Le hasard et la nécessité*, Paris, Seuil, 19770. (Trad. it. *Il caso e la necessità*, Edizioni Scientifiche e Tecniche Mondadori, Milano, 1970).

8 NEEDHAM, J., *La science chinoise et l'Occident; le grand titrage*, traduzione di E. Jacob, Paris, Seuil, 1973.

9 WHITEHEAD, A. N., *Science and the Modern World*, Cambridge, Cambridge University Press, 1927.

Termodinamica

10 ALLEN, P., *Darwinian Evolution and a Predator-prey Ecology*, in *Bulletin of Mathematical Biology*, 37, 1975.

11 BRUSH, S., *Thermodynamics and History*, in *The Graduate Journal*, vol. VII, n. 2, pp. 477-565, Austin, 1967. *Kinetic Theory*, vol. 1, *The Nature of Gases and Heat*, Oxford, Pergamon Press, 1965; vol. 2, *Irreversible Process*, Oxford, Pergamon Press, 1966.

12 CARDWELL, D., *From Watt to Clausius*, London, Heinemann, 1971.

13 EIGEN, M., *Selforganization of Matter and the Evolution of Biological Macromolecules*, in *Naturwissenschaften*, vol. 58, p. 465-523, 1971.

14 GLANSDORFF, P. e PRIGOGINE, I., *Structure, stabilité et fluctuation*, Paris, Masson, 1971.

15 PRIGOGINE, I., *La thermodynamique de la vie*, in *La Recherche*, Vol. 3, n. 24, pp. 547-562, 1971.

16 PRIGOGINE, I., NICOLIS, G., BABLOYANTZ, A., *Thermodynamics of Evolution* in *Physics Today*, I, vol. 25, n. 11, pp. 23-28, II, vol. 25, n. 12, pp. 38-44, 1972.

17 PRIGOGINE, I. e NICOLIS, G., *Self Organization in Non Equilibrium Systems*, Wiley, New York, 1977.

Epistemologia della meccanica quantistica

18 BOHR, N., *Physique atomique et connaissance humaine*, Paris, Gauthier-Villard, 1972.

19 D'ESPAGNAT, B., *Conceptions de la physique contemporaine*, Paris, Hermann, 1965. *Logique quantique et non séparabilité*, in *The Physicist's Conception of Nature*, ed. J. MEHRA, Dordrecht-Holland, D. Reidel Pub. Comp., 1973.

20 HEISENBERG, W., *Physics and Philosophy*, 3a ed., London, Allen and Unwin, 1971.

21 JAMMER, M., *The Conceptual Development of Quantum Mechanics*, New York, Mac Graw Hill, 1968.

22 KÖRNER, S. (ed.), *Observation and Interpretation*, Butterworth's Scientific Publications, London, 1957.

23 PETERSEN, A., *Quantum Mechanics and the Philosophical Tradition*, MIT Press, 1968.

24 ROSENFELD, L., *L'évidence de la complémentarité*, in *Louis de Broglie, Physicien et Penseur*, Paris, Albin Michel, 1953; in *Nature*, 190, 384, 1961. *The Measuring Process in Quantum Mechanics*, in *Supp. of the Progress of Theoretical Physics*, 222, 1965.

25 TOULMIN, S. (ed.), *Physical Reality, Philosophical Essays on Twentieth Century Physics*, Harper Torchbooks, New York, Harper and Row, 1970.

Irreversibilità e rottura della simmetria

26 GEORGE, C., PRIGOGINE, I. e ROSENFELD, L., *The Macroscopic Level of Quantum Mechanics*, in *Det Kong. Danske Vidensk. Selsk. Math. Phys. Medd.*, 38, 12, 1972.

27 PRIGOGINE, I., *The Statistical Interpretation of Non-Equilibrium Entropy, Acta Physica Austriaca*, Supp. X, 401-450, 1973. *Time, Irreversibility and Structure*, in *The Physicist's Conception of Nature*, J. MEHRA ed., Dordrecht-Holland, D. Reidel Publ. Comp., 1973.
Measurement Process and the Macroscopic Level of Quantum Mechanics, ibid. *La naissance du temps, Acad. Roy. Belg., Bull. Cl. Sci.*, 1973. *Irreversibility as a Symmetry-breaking Process*, in *Nature*, 248, 67-71, 1973. *Physique et Métaphysique, Acad. Roy. Belg. Bullettin spécial du Bicentenaire*, 1974.

28 PRIGOGINE, I., GEORGE, C., HENIN, F. and ROSENFELD, L., *A Unified Formulation of Dynamics and Thermodynamics*, in *Chemica Scripta*, vol. 4, p. 5-32, 1973.

The New Alliance

Part two - An Extended Dynamics: towards a Human Science of Nature

ILYA PRIGOGINE
Université Libre de Bruxelles
University of Texas, Austin

ISABELLE STENGERS
Université Libre de Bruxelles

THE TWOFOLD TRUTH OF QUANTUM MECHANICS - III

Before we deal with recent work carried out by our group, which attempts to provide a truly dynamic interpretation of irreversibility, we have to try to understand the context in which this aim becomes possible: in other words, we must refer to the profound epistemological crisis which has been caused in the realm of physics by the development of quantum mechanics. In retrospect, it is no surprise that it was quantum mechanics which shook the Galilean foundations of physics. For the type of systems described by quantum mechanics necessarily brought into the open a conflict that had until then remained implicit, a conflict at the very base of physics, between the mode of description (reversible) of a physical system and the mode of measurement (a *process of recording*, and therefore essentially *irreversible*) of numerical data describing the system. This was a conflict which had until then been ignored to the extent that the irreversibility of measurements in conventional physics had not been considered as essential, but attributed to the debased nature of any real measurement compared to that of the ideal measurement which would be reversible and instantaneous, a measurement of space with the Standard Metre and of time with a clock. There is thus an essential bond between the reversible nature of the ideal measurement and the requirement, made explicit by Hamiltonian formalism, that all the numerical data involved with the physical description can be reduced to instantaneous spatial locations[23]. However, the irreversible nature of the measurement, which seemed to be only accessory and dispensable in classical physics, at once appeared to be fundamental to the founders of quantum mechanics, such as Bohr and Heisenberg[18,20,21]. From the outset, they insisted on the fact that irreversible processes, such as the emission and absorption of light quanta, photochemical processes, recording an amplification by a measuring apparatus, always enter into the description of microscopic phenomena[22,24].

We have seen that quantum mechanics had incorporated Hamiltonian formalism. However, its description is now in terms of a wave function evolving in time, and not in terms of coordinates and of momenta which would themselves be a function of time. The reversible nature of a change now relates to the evolution of the wave function. This wave function is expressed in terms of a superposition of stationary states characterised by corresponding energy levels. No part at all is played in the wave function by quantities such as the cross-section, average life time, and in general by any quantities characterising the processes which appear in the measurement. However, it is only through such processes that we can obtain numerical data characterising the stationary quantised states, in terms of which the wave function is expressed.

Since, by definition, the stationary states are states where nothing is happening, we would never be able to describe them directly, that is, interact with them, as long as they actually remain stationary; it is only as the system passes from one stationary state to another that the numerical data become available, thanks to which quantum mechanics can characterise a system as indefinitely remaining in this or that stationary state.

This is the origin of the great paradoxes in quantum mechanics. As so often emphasised by Bohr and Rosenfeld, the quantum mechanical wave function has no physical meaning as long as the choice of numerical data which are going to characterise it, of the stationary state that is going to describe it has not been effected, and as long as the corresponding measurement has not been carried out. In other words, the conditions of observation for a quantum system form an indissociable part of its definition as an object of physical knowledge.

Many difficulties in the interpretation of quantum formalism[19] originate from the attempt to deduce from the wave function itself, which is, as already stated, governed by a reversible equation of evolution, the reduction it undergoes when a measurement has permitted a definition of the objectivity of the system, i.e. to deduce from a description in terms of stationary states an irreversible process, a process which is totally unintelligible in terms of stationary states.

The formalism of quantum mechanics is in fact founded on the simultaneous affirmation of two mutually incompatible terms, each of which is nevertheless necessary for the other to have a physical meaning. The irreversible process is necessary so that one may *know* the stationary state, which henceforth ceases to be one; quantum mechanics can only describe the process in terms of *transition between stationary states*, and considers it to be totally incomprehensible without this reference to concepts, in terms of which it is deprived of meaning. In the same way, quantum mechanics at the same time affirms the need both for the wave function and for the measuring instrument, but puts them in mutual opposition to one another. It thus defines the quantum phenomenon by a two-fold enigma[25], that of the system in itself, the dynamic evolution of which is reversible but cannot be directly known, and that of the operation of measurement, which is irreversible and unintelligible in dynamic terms. In other words, quantum mechanics has indeed been constrained to abandon the illusion of the description from an external point of view, the illusion of pure intellect contemplating the « system as it is », while remaining alien to it; it has had to admit that objectivity cannot be defined without reference to conditions of observation; but by renouncing the illusion of a godlike position, it has also renounced the very possibility of describing a system in terms of dynamic evolution. If we recall the comparison often drawn between the Kantian problem and the epistemological situation of quantum mechanics, it would seem proper to refer to the *reflective structure* of the quantum description; the quantum description intrinsically contains a reflection on its own conditions of possibility and on the observational situation which made it possible; and, like the Kantian phenomenon, the quantum phenomenon can only be defined by the twofold opacity of two terms that can only be defined in terms of their mutual opposition[21].

One might be tempted to consider this opposition as unsurmountable, and to see in it perhaps the price to be finally paid by the physicist in his endeavour to express nature in terms of mathematics. It is probably because quantum mechanics appeared to be such an absolute limit that it has excited the most extraordinary metaphysical propositions (state of mind integrated with physical equations, direct influence of psychical observation on the system, and even the Universe becoming subject to a demultiplication in parallel

lines at the moment of each reduction of the wave function, etc.)[19].

We would like to pass beyond this aspect of fascination, linked to an excessively rapid identification between classical dynamics with physical description, and of its limits with the intrinsic limits of physics or even of rational thought. Quantum mechanics is crucial in part because it poses as a *problem* something which had been taken for *granted* since the 17th century: the incompatibility between process and dynamic description. Let us remember the conclusion arrived at by Koyré on the subject of the tragedy of the modern spirit which « solves the riddle of the Universe but only to replace it by another: the riddle of itself ». « Thus, the world of science — the real world — became stranged and utterly divorced from the world of life, which science has been unable to explain — not even by calling it 'subjective'... Two worlds: this means two truths. Or no truth at all »[6b].

No truth at all, this would constitute the nihilistic temptation of quantum mechanics. But at the same time, nevertheless, its challenge constitutes the greatest opportunity offered to physics to go beyond the limits set on classical physics, of no longer accepting the process of measurement only as the ghostly return into science of what science denied, thus creating the double opacity of dynamic evolution and of the measuring instrument, that is of conceiving a dynamic description of the physical mechanism of the evolution of systems, wherein the numerical data no longer characterise stationary states but the processes of transition between energy levels of collisions, and of particle decomposition. A description which goes beyond the historical opposition between 'objective' description and irreversibility.

The necessity for a dynamic interpretation of irreversibility is thus imposed at the same time by quantum mechanics and by the discovery of dissipative structures: these latter offer the promise, held in advance, of a new range of intelligibility which could be opened beyond the illusion of the fundamental reversibility of a world which, as Koyré told us, we had as physicists to postulate as the only reality.

There can however be no question of turning towards solutions which are too simply, such as for instance conferring an irreversible nature on the evolution of a system by purely and simply adding a frictional component to it, which would allow for a progressive dissipation of energy but would render unintelligible the evolution towards an equilibrium — why would the system then not continue its progress towards absolute zero, the dissipation of the whole of its energy? In other words, it is inadmissible that we should render impossible the comprehension of reversibility and of equilibrium in order to render intelligible the irreversible processes.

IRREVERSIBILITY AND CAUSALITY - IV

Thus, each time we are led back to the problem of irreversibility and its status in relation to the 'reversible' classical or quantum mechanics.

It is only quite recently[26,27,28] that the status of irreversibility has been defined, by showing that it deals in fact with a symmetry *breaking* which originates from the explicit incorporation of 'causality' in the equations of dynamics.

Let us examine more closely what this implies. Mechanics, whether it be classical or quantum mechanics, can be expressed in terms of differential equations which determine the evolution in time of a distribution function characterising the statistical state of the system. Such a formulation takes into account the fact that we cannot know the precise initial state of the system; however, the fact that we start from a collection of initial state rather than a single one, that we study a family of trajectories rather than a single one, does not involve new physical properties. The evolution of the distribution function is a *dynamic*

evolution which allows one to calculate the mean value of any quantity associated with the system at each instant.

The statistical state which is described by the distribution can be interpreted in two different ways. Either in terms of the state of the particles in interaction, which make up the dynamic system, and thus in terms of their co-ordinates and of their momenta, or in terms of the relations between the particles, i.e. in terms of 'correlations'. The first point of view is that adopted in usual classical and quantum mechanics. The second point of view is the one we have developed.

The reformulation of dynamics in terms of the dynamics of correlations, the description of the evolution of a system in terms of the evolution of correlations, and of their transformations from one type to another, does not admittedly constitute a new dynamics. However, the difference between the two points of view is not without significance. Indeed, a concept like that of irreversibility has no clear meaning when formulated in terms of the trajectories of particles. On the other hand, when expressed in terms of correlations and in terms of collision mechanisms by which the correlations evolve, the concept of irreversibility takes on a precise meaning, as that of a dynamic process during the course of which some types of correlation are *forgotten*. Indeed, by putting into a suitable form those differential equations which describe the dynamic evolution of the correlations, we have shown that when one considers the limit of large systems, made up for instance of a large number of interacting units, that is systems which fulfill what we have called the 'dissipativity condition', a new phenomenon is produced: the differential equations provide *different solutions* according to whether they correspond to positive or negative times.

When we solve a differential equation, we can take the state of the system at a given instant ($t = 0$), and either calculate its ulterior state in the future ($t > 0$) or calculate its anterior state in the past ($t < 0$). The first of these cases corresponds to a problem having '*initial*' conditions, and the second to a problem having '*final*' *conditions*. For systems that fulfill to the dissipativity condition, these two problems rise to *different solutions* for the differential equations. Consequently, the solution of a dynamic problem implies that we only exploit a part of the solutions permitted by the differential equations. In mathematical terms, retaining only part of the solutions to a problem means breaking the symmetry of the differential equations that characterise it. In physical terms, it is the *concept of causality* which allows one to select the correct solution for an initial condition problem. The symmetry breaking of differential equations thus implies that we add to the problem, as expressed in terms of differential equations, the consideration of causality, which presupposes a distinction between the 'future' and the 'past', based on the opposition between a causal evolution and a finalised evolution.

Once the symmetry breaking has been recognised, we can go further, and write new dynamic equations which incorporate the symmetry breaking, and therefore also the causality. In its 'causal formulation', the evolution of a dynamic system is described by two different differential equations, depending on whether the development corresponds to positive or negative times; the symmetry breaking is thus expressed in the *terms* of the problem in the differential equations themselves, instead of only appearing in its integration, in the solution, through the boundary conditions.

From the point of view of the dynamics of correlations, the symmetry breaking of the differential equations corresponds to an irreversible process which *forgets* some correlations. The 'dissipative' systems are those for which one can define a term for 'dynamic friction' which conserves the energy but ensures an irreversible evolution towards equilibrium. It is appropriate here to dwell on one of the consequences of the

emergence of irreversibility within the framework of a dynamics of correlations: this is the radical abandonment of the concept of the fundamental level of description. A dissipative process which conserves energy, a dynamic process of forgetting certain correlations do not make sense within the framework of a description in terms of space-time lines, in terms of a fundamental level at which the elements are unchanging. What then is the link between the initial description ('reversible') and the causal description, where the dissipative part of the evolution which ensures its irreversible character, explicitly appears? The problem is in fact a 'transformation' problem. We have already drawn attention to the theory of canonical transformations, which generalises in turn that of a change of system of co-ordinates. We must here take a step further and introduce a new theory of *non-canonical transformations* which allows one to pass from the Hamiltonian reversible representation to the causal irreversible representation.

Classical physics and quantum mechanics were able to carry out in an effective way the Galilean idealisation for a certain group of phenomena, and to describe the evolution of the system in terms of stationary states or of the reversible movement of the classical particles. Every time that this description, Hamiltonian in a broad sense, is possible for *dissipative systems*, there is a transformation which permits one to pass from this representation to that wherein the important numerical data are those which characterise the processes of collision, decomposition, absorption or emission, which generate the physical evolution of the system.

Thus, provided very general conditions are fulfilled, the laws of classical or quantum dynamics can be formulated in two ways:
a) a Hamiltonian formulation which contains the laws of quantum or classical movement of particles;
b) a dissipative formulation which contains the laws of the growth of entropy.

These two formulations are equivalent in the sense that the mean value of an observable parameter described in either formulation will be equal. But this equivalence is not a simple unitary equivalence, and the transformation which links them is not Hamiltonian. The description of the world implied by the two formulations is indeed very different. By the first one, the evolution of a system is described in terms of *movements*, such as the movements of the heavenly bodies observed by the astronomers. The second corresponds to the description of a system in terms of *processes* (scattering, chemical reaction, decomposition, absorption, etc.). It is this formulation which we must use when we speak of a measurement, because it is the one which allows us to connect the temporal evolution of the apparatus of measurement with the physico-chemical phenomena which take place in it.

We are confronted by a typical situation described by the principle of complementarity. It is the measurement which allows us to recognise, in classical mechanics as well as in quantum mechanics, the *simple limiting* situations (reversible trajectories, wave functions). Conversely, it is by starting from simple situations that we can describe the dissipative situations that allow us to introduce the concept of measurement.

The causal formulation and the Hamiltonian formulation of dynamics are complementary, but here the complementarity loses the mystery which imparted to it the reflective structure of quantum mechanics.

Classical physics had excluded a certain class of numbers; we understand nowadays that a choice is imposed on us: either we describe a system in terms of energy levels, of instantaneous localisation in space, and data such as life times and cross sections have no meaning: we try to reduce the physical world to a world of harmonic oscillators and planetary trajectories; or otherwise we chose to describe a world wherein the oscillators are damped, in which energy is

dissipated, where movements are slowed down, and where the particles become decomposed, but then we can only refer to average energy, and it becomes impossible to give an instantaneous space-time account of the system.

The causal formulation of dynamics also throws light on how the attempt made by Boltzmann to give, by means of the *H*-theorem, a dynamic interpretation of the second principle was of a crucial nature, and how the kind of situation to which it led, which he interpreted less and less in dynamic terms and increasingly in probabilistic terms, is different from that in which we find ourselves today.

The *H*-theorem of Boltzmann is based on a description of evolution in terms of collisions and on the introduction of stochastic elements, the justification for which rests upon considerations foreign to dynamics. The causal formalism confirms that in simple situations, such as those studied by Boltzmann, the irreversible progress towards equilibrium can be described in stochastic terms. However, the probability description is now no longer the result of a non-dynamic approximation but instead the physical concepts introduced by Boltzmann, particularly the collision operator, can now become the subject of an exact treatment. In simple cases, the problem of irreversibility can thus receive the probability formulation introduced by Boltzmann, but it is no longer the introduction of stochastic elements which ensures the irreversibility of the evolution: it is instead the very core of dynamics which determines the possibility of a description in terms of probability.

THE LARVAL APPROACH TO THOUGHT - V

One of the most essential consequences of a causal formulation of dynamics is the *positive* affirmation it implies for the necessity of denying any physical meaning to the notion of a single fundamental level of description.

With regard to the complementarity of the methods of description, quantum mechanics had already invited us to abandon the illusion of a fundamental descriptive level independent of the observer.

But we have seen above that it preserves the *wave function* at the base of its formalism, whose dynamic evolution responds to the ancient definition of an 'objective account, independent of the observer'. It must therefore affirm at the same time this 'objective' dynamic evolution, and the fact that this development has no physical meaning whatever independently of the process of measurement which itself cannot be subject to dynamic description.

In quantum mechanics as in classical mechanics, the concept of dynamic evolution and that of « objectivity » which excludes the human factor, and implies attributing to him an absolute view point, thus remain linked.

Quantum mechanics was able to denounce the illusion where classical mechanics had always seen the eminently intelligible; by doing this it brought into the open the contradiction, inherent in classical mechanics, between the dynamic description and what makes this description possible. It was thus able to reveal the double opacity at the base of the physical description, the mutual exclusion and yet the reciprocal implication of the opposite poles 'objective' and 'subjective' of a measurement and of 'what exists independent of measurement'. Despite the efforts of Bohr and Rosenfeld in this direction, it was incapable of arriving at a positive definition of the new epistemological situation known by the term 'complementarity'.

Thus, for a large number of physicists, complementarity continues to be *negatively* defined in relation to the continued illusion of a physical truth in itself, and it continues to signify the necessity of assuming the impossibility for *man* to give a complete description of reality, the necessity of resigning oneself to allowing some aspects of reality to escape in order to be able to have access to others.

With the causal formulation of dynamics,

we are thus in the position of extending the efforts of Bohr and of Rosenfeld to obtain a *positive* concept of the new epistemological situation. In order to do this, we must radically abandon, even as a 'heuristic illusion' the idea of a fundamental level of description, however complex its elements may be. We must positively define the *choice* of the mode of description, a choice the necessity of which has been the major discovery of quantum mechanics.

Following Gilles Deleuze[1] in this respect, we suggest that a positive affirmation of the necessity of choice implies the recognition of the positive nature of the *problem*, and implies that one does not reduce the work of resolving a problem to the discovery of a pre-existent truth, to the dissipation of a purely factual state of ignorance. If we maintain that the concept of a fundamental level does not have any meaning, we must indeed also maintain that the physical description *raises a problem*, the solution of which is not contained as an identity in a 'state of things' independent of man.

When we pose the question of knowing whether we are going to describe the system in terms of localised particles in space and time or in terms of processes that *take time*, it will not be a matter of knowing which kind of approximation to a pre-existing truth we are going to deduce from the data at our disposal. It will be a matter for the scientist to decide *which* problem is to be raised. It is up to him to ask the questions. He does not 'discover' the answers in nature. On the other hand, he certainly does not invent the answers, either. The answers are produced by his work on the solution. He must set up a problem field, in the interior of which the question has a meaning, determining the appropriate conditions to specify the problem and to render it soluble. The solution obtained is the product of a physico-mathematical work having the same quality as any scientific observation, which is the product of very specific experimental work.

From this point of view, it is altogether characteristic that one must renounce the illusion that the differential problem can be separated from its boundary conditions in order to obtain the causal formulation of dynamics, in order to formulate the dynamic problem in terms such that irreversibility is already contained therein, and in order to make explicit the symmetry breaking at the level of differential equations. It is sometimes said that boundary conditions constitute an arbitrary addition, foreign to the terms of the differential problem, whereas in fact it is only through them that a physical meaning is conferred on the problem; their addition is not arbitrary at all since they are demanded at the very core of the problem in order to render it soluble.

Moreover, the causal formulation of dynamics establishes this reppressed evidence at the centre of physics: measurements of processes like absorption, collision and decomposition cannot be reduced to the fiction of an instantaneous and reversible measurement. They take time and presuppose causality. *Like the work of the physicist, the apparatus of measurement essentially implies an orientation in time which the addition of causality only makes explicit.*

It is thus important to note that, with the reformulation of dynamics, it is not the revelation, by a formal elucidation, of truths already contained in mathematical physics that we seek. It is not a matter of dispersing misunderstandings that a careful axiomatisation of physics would have been able to prevent from its beginning. The reformulation of dynamics is not purely formal; it implies a new *position of the problem* of physical description, a rephrasing of the question which at the same time reveals the conceptual insufficiencies of classical physics, and the overt and problematical nature of physics.

The new epistemological position, wherein we are attempting to locate ourselves, is characterised by the impossibility of fixing and characterising scientific work within the tangle of opposition with which it has

generally been associated: reductionism and antireductionism, subjective and objective, unity and plurality of nature. These oppositions will henceforth appear as different and complementary aspects of a reality, the intrinsic multiplicity of which prevents its confinement within a general and unique truth. We are seeing the dawning of a new intelligibility for scientific work, which no longer relies on the ideal of 'objectivity' as independence in relation to whoever describes it, but which at the same time excludes the arbitrariness, subjectivity and pragmatism which are generally put in opposition to such an objectivity. Let us attempt to clarify the internal coherence of the concept of scientific work which we propose here.

The ancient intelligibility of physics was revealed by quantum mechanics to be the product of a double opacity. The internal coherence which we propose implies a double requirement of intelligibility which links the two opposite polarities disclosed by quantum mechanics. It is necessary in the first instance that the dynamic description in its causal formulation should render intelligible the spontaneous appearance of active systems, the appearance of life, and the appearance of some being such as man, and this was the demand made by materialists like Diderot. On the other hand, it is necessary that the work of resolution, and in particular the incorporation of causality which is assumed to be required in order to obtain the causal formulation of dynamics, should be intelligible as a method of activity of a *natural* organism. In our opinion, it is possible to affirm that this double requirement has been satisfied.

It has led us to abandon the illusion of a reality reducible to a description from some absolute view point, that of a scientist who contemplates the object without any interaction therewith except by 'measurements' which are at the same time instantaneous and reversible, that of a scientist who discovers a pre-existing truth within the *given data* offered to him as such.

Paths are open which could lead far from the epistemological discoverer of pre-existing truths, that constitute the counterpart of the flat fundamental simple world of classical science, but also far from the man who manipulates and exploits, who can be seen as a correlate of classical thermodynamics. These are paths which lead to the concept of scientific work as an exploration and discovery, but following a method which organises points of view, coordinates the perspectives, selects the pertinent parameters without denying all the others, without ignoring the implications of the selection by which it operates. A method which is appropriate to a natural being within the confines of a nature who, thanks to the conceptual and technical idealisation, is indeed predictable, even transformable and manipulable, but only locally, partially and relatively.

To conceive the subject of the knowledge as a biological being, participant in a society and in a history does not mean simply to use data from biology and sociology as if these were at least the true ones, thus introducing a new kind of fundamental level. What we wish to learn from biology and the human sciences is which kind of concepts have been found to be particularly fit to the understanding of their object: an evolving and self-organizing being.

It is in this way that Deleuze reports work by the embryologists who have shown that the conceptual references selected by the functionalist biology of adult organisms, living in a stable and familiar world, are not suitable to describe the dramatic development of the larva. The larva constitutes itself in a very process of constituting its relation to the world; it is not autonomous and organised *vice* a world to which it must adapt itself; the problems of its relation with the environment are not put to *it* as if it pre-existed before in its identity: it is subject to them and takes shape by them, by them becomes embodied. And Deleuze writes: « It is not sure in this sense that the thought ... can be related to a complete and well constituted subject, as in the

Cartesian *cogito*; the thought is rather of these terrible movements which can only be sustained under the conditions of a larval subject ... Only these subjects can make the amplified movement, by becoming the sufferer of the dynamics they express. Even philosophy is the larval subject of its own system » (*Différence et Répétition*, p. 156).
The history of science, which nowadays succeeds in escaping from its sterile definition of the history of a purely intellectual enterprise led by non-temporal and disembodied beings (except for corporal accidents triggering or giving rise to discoveries, dreams or colds), explores the multiple dimensions of the insertion of the sciences within society, such as the social organisation of science itself. There also is the interment of the idea of an autonomous science, of a master of science at his trade, having an entirely voluntary, conscious and deliberate relationship with the criteria by means of which he judges his object.
The account by Kuhn for instance rather reveals that this scientist and this science are produced *effects*: he describes the manner by which initiation to a discipline, the type of research work, the organisation of the scientific community *can* produce a seeker to whom the exploratory nature of his own and his community's steps are hidden, and who can believe that nature 'spontaneously' offers him as the only valid ones, the perspectives he is exploring, the objects he is studying. And the 'amplified movements' of science, the scientific revolutions to which a community is subjected, to forget them as soon as possible, are those which compelled the historian of science to seek, beyond the reassuring illusions, the multiple dimensions of the process where the subjects of science and their objects are constituted.
The attempts at reimmersing the activity of rational knowledge in the other activities of social living and talking beings are generally accused of being pragmatic by the supporters of the purity of epistemological problematics. A truth which is not to be discovered but is to be produced is then described as a contradiction of terms, which hides the purely social reality of conventions, calculations, of effective receipts, based on the sole criterion of utility and of efficiency in the manipulation of things and of men. But this pragmatism itself again presupposes a conscious, voluntary and deliberating subject who is not essentially different from the subject of classical epistemology; we are thus dealing here with a concept of *truth by default*, consequence arising from the recognised impossibility that living beings accede to the type of truth of classical rationalism. It is the direction and interest of concepts of scientific work in terms of *problems* — concepts which can be extended to biology and to the sciences of evolution, as Popper tried to demonstrate, to arrive at a notion of a *truth produced by nevertheless perfect as such*, at a producer-of-truth functioning which *at the same time* provides the criteria of this truth, criteria which allow one to define the object and the results of the work on it, the whole of the criteria that the pragmatists have to consider as pre-existing if their calculation of effectiveness is to have a meaning.

The epistemology informed by the history of science, and the natural sciences thus meet in the necessity of thinking about change, of recognising becoming and stability as inseparable, of therefore abandoning the idea that whatever is stable must at the same time be legitimate, and will rightly and necessarily assert itself on a pacified world. Thermodynamics has also led us to the conclusion that a stable entity can be the issue of a choice, 'violent' because it is not determined by the entity's rules of functioning and always at the mercy of an other violence. That this conclusion evokes resonances in other fields, shows that the concept of order by fluctuation expresses at the level of physics a very much wider intellectual perspective.
Problems of order, of stability, of change and of novelty are raised at all the levels; they have always been crucial points, on which was staked the possibility of unity

in the different fields of knowledge, the possibility of a concept of knowledge as a natural process appertaining to the natural world. The alternative between a concept of intelligible order in terms of permanence, excluding any evolution that will not have been predetermined, and a 'free', future, arbitrary and irrational, traverses all fields of knowledge. In the same way, the intelligibility of a future as an exploration of the fields of stability, the concept of the progressive constitution of an entity essentially open to its environment as a passage through a series of instabilities, a series of problems raised by the environment, whose solutions it would embody, may be fruitful in several disciplines such as biology, ecology, psychology, economics and the social sciences.

Indeed, every time that the problem of a coherent activity engendered from a multiplicity of interactions arises, there also arise questions of reductionism and of emergence, of the relation between the elements and the totality, and there now arises the problem of stability, of the fate of fluctuations, of the nature of mechanisms of retroaction which have allowed the appearance of a structure and will provoke its eventual instability.

From the point of view of the concept of scientific work as much as of a description of nature produced by this work, a conception the unity of the natural world seems to be again possible. The epoch of epistemological illusions, which isolated the scientist and excluded him from the natural world, is coming to an end; physics, which, more than any other discipline, had given rise to these illusions, hence forward contains explicitly in the descriptions it produces, a reference to the experimental process used to produce them.

The opposition between the limpid nature of a scientific description and the opacity of its conditions of possibility has thus been resolved, and it becomes possible for us to think, beyond the traditional categories of representation and the subject-object opposition, about science as essentially belonging to nature, defined as generator of problems.

Jacques Monod has defined the scientific thought of the 20th century by the breakdown of the ancient alliance, by the human being becoming aware of his solitude in a Universe, of which he once believed himself to be the centre and the meaning, and where he has discovered himself to be a wandering gipsy existing on the fringe of legality.

The ancient alliance is indeed quite dead, and not only the archaic-animist alliance or the harmonious-vitalist alliance. Also dead is the Christian alliance which in the 17th century allowed a man of science to describe an inert and god-ruled nature without identifying himself with that nature, without conceiving, as a condemnation of the Galilean idealisation, the henceforth opaque character of the relationship between material nature and the thinking being that describes it. The thought of Monod is still tributary to this alliance; although remaining unexpressed, it saddled his conclusions with a formidable contradiction; but who is this man, formed by chance from an association of atoms, who is able to discover his solitude in the indifference of the Universe?

The problem of the 20th century is that of a new epistemological alliance between man and nature, which affirms their coextensive relations, which affirms the exploratory adventure of nature across all the illusions of stable identity and eternal truth that it gives rise to.

I. P. and I. S.

ACKNOWLEDGMENTS

We wish to express our thanks to Professor P. Glansdorff for his invaluable suggestions. Grants for the publication of this work were received from the French Ministry of National Education and Culture and the Dutch Ministry of National Education and Culture.

BIBLIOGRAPHY AND NOTES

General references

1 DELEUZE, T., *Différence et répétition*, Paris, PUF, 1972. *Proust et les signes*, enlarged edition, Paris, PUF, 1972.

2 DIDEROT, D., *Oeuvres*, Paris, Pléïade, 1935, p. 670-671.

3 FOUCAULT, M., *Les mots et les choses, une archéologie des sciences humaines*, Paris, Gallimard, 1966.

4 GUSDORF, G., *La révolution galiléenne*, Paris, Payot, 1969; *Dieu, la Nature, l'Homme au siècle des Lumières*, Paris, Payot, 1972.

5 We cannot accept the irrationalism which, as we see it, is at the basis of the essential link theory held, for example, by HEIDEGGER, M., in *Qu'est-ce qu'une chose?*, Paris, Gallimard.

6 KOYRÉ, A., *Etudes galiléennes*, Paris, Hermann, 1939; *Etudes Newtoniennes*, Paris, Gallimard, 1968.

7 MONOD, J., *Le hasard et la nécessité*, Paris, Seuil, 1970.

8 NEEDHAM, J., *La science chinoise et l'Occident; le grand titrage*, translated by E. Jacob, Paris, Seuil, 1973.

9 WHITEHEAD, A. N., *Science and the Modern World*, Cambridge, Cambridge University Press, 1927.

Thermodynamics

10 ALLEN, P., *Darwinian Evolution and a Predator-Prey Ecology*, in *Bulletin of Mathematical Biology*, 37, 1975.

11 BRUSH, S., *Thermodynamics and History*, in *The Graduate Journal*, vol. VII, n. 2, p. 477-565, Austin, 1967. *Kinetic Theory*, vol. 1, *The Nature of Gases and Heat*, Oxford, Pergamon Press, 1965; vol. 2, *Irreversible Process*, Oxford, Pergamon Press, 1966.

12 CARDWELL, D., *From Watt to Clausius*, London, Heinemann, 1971.

13 EIGEN, M., *Self-organization of Matter and the Evolution of Biological Macromolecules*, in *Naturwissenschaften*, vol. 58, p. 465-523, 1971.

14 GLANSDORFF, P. and PRIGOGINE, I., *Structure, stabilité et fluctuation*, Paris, Masson, 1971.

15 PRIGOGINE, I., *La thermodynamique de la vie*, in *La Recherche*, vol. 3, n. 24, p. 547-562, 1971.

16 PRIGOGINE, I., NICOLIS, G., BABLOYANTZ, A., *Thermodynamics of Evolution*, in *Physics Today*, I, vol. 25, n. 11, p. 23-28, II, vol. 25, n. 12, p. 38-44, 1972.

17 PRIGOGINE, I. and NICOLIS, G., *Self Organization in Non Equilibrium Systems*, Wiley, New York, 1977.

Epistemology of quantum mechanics

18 BOHR, N., *Physique atomique et connaissance humaine*, Paris, Gauthier-Villard, 1972.

19 D'ESPAGNAT, B., *Conception de la physique contemporaine*, Paris, Hermann, 1965; *Logique quantique et non séparabilité*, in *The Physicist's Conception of Nature*, ed. by J. MEHRA, Dordrecht-Holland, D. Reidel Pub. Comp., 1973.

20 HEISENBERG, W., *Physics and Philosophy*, 3rd ed., London, Allen and Unwin, 1971.

21 JAMMER, M., *The Conceptual Development of Quantum Mechanics*, New York, MacGraw Hill.

22 KORNER, S. (ed.), *Observation and Interpretation*, Butterworth's Scientific Publications, London, 1957.

23 PETERSEN, A., *Quantum Mechanics and the Philosophical Tradition*, MIT Press, 1968.

24 ROSENFELD, L., *L'évidence de la complémentarité*, in *Louis de Broglie, Physicien et Penseur*, Paris, Albin Michel, 1953; in *Nature*, 190, 384, 1961. *The Measuring Process in Quantum Mechanics*, in *Supp. of the Progress of Theoretical Physics*, 222, 1965.

25 TOULMIN, S. (ed.), *Physical Reality, Philosophical Essays on Twentieth Century Physics*, Harper Torchbooks, New York, Harper and Row, 1970.

Irreversibility and symmetry-breaking

26 GEORGE, C., PRIGOGINE, I. and ROSENFELD, L., *The Macroscopic Level of Quantum Mechanics*, in *Det Kong, Danske Vidensk. Selsk. Math. Phys. Medd.* 38, 12, 1972.

27 PRIGOGINE, I., *The Statistical Interpretation of Non-Equilibrium Entropy*, Acta Physica Austriaca, Supp. X, 401-450, 1973. *Time, Irreversibility and Structure*, in *The Physicist's Conception of Nature*, J. MEHRA, ed., Dordrecht-Holland, D. Reidel Publ. Comp., 1973. *Measurement Process and the Macroscopic Level of Quantum Mechanics*, ID. *La naissance du temps*, Acad. Roy. Belg., Bull. Cl. Sci., 1973. *Irreversibility as a Symmetry-breaking Process*, in *Nature*, 248, 67-71, 1973. *Physique et Métaphysique*, Acad. Roy. Belg. Bulletin spécial du Bicentenaire, 1974.

28 PRIGOGINE, I., GEORGE, C., HENIN, F. and ROSENFELD, L., *A Unified Formulation of Dynamics and Thermodynamics*, in *Chemica Scripta*, vol. 4, p. 5-32, 1973.

La proprietà di semplicità di principio dei costrutti teorici

LEV B. BAŽENOV
Akademii Nauk SSSR, Moskva

Al problema della semplicità dei costrutti teorici è dedicata una vasta letteratura che ne approfondisce gli aspetti a partire dai più diversi punti di vista[1].
Non starò qui a esaminare in dettaglio i molteplici aspetti in questione per passare subito invece a mettere in luce quello che sarà oggetto dell'analisi che segue. Di semplicità si può parlare nei più diversi significati. Di solito vengono posti in rilievo tre tipi di semplicità: quella linguistica o sintattica (legata all'impiego, da parte della teoria, di strumenti linguistici), quella semantica (che riguarda il significato delle espressioni linguistiche che entrano nella teoria) e infine quella pragmatica (che concerne invece l'uso della teoria). Oltre a questi tre tipi citati si parla anche di semplicità gnoseologica, euristica, induttiva, di principio, termini, questi, con i quali si indica più o meno la medesima cosa. Io mi riferirò principalmente all'ultimo di questi termini.

La semplicità di principio è uno dei principali regolatori metodologici, che a volte viene addirittura posto come l'unico (o almeno il più importante). Quest'ultimo punto di vista è tipico dei metodologi che rendono omaggio alla tendenza convenzionalistica. P. Frank considera ad esempio la semplicità l'unico regolatore possibile (e anche qualcosa di più). « È ormai divenuto chiaro — egli scrive in proposito — che i requisiti di qualunque teoria nel senso moderno del termine sono 'l'accordo con l'osservazione' e la 'semplicità'[2]. L'« anche qualcosa di più » di cui parlavo poc'anzi consiste nel fatto che egli si pone altresì il problema di stabilire quale di questi due requisiti sia il più importante e risponde nel modo seguente:
« Se si pone la domanda a uno scienziato egli, con tutta probabilità, risponderà che l'elemento decisivo è dato dall'accordo con i fatti osservati e che la 'semplicità' ha un significato secondario. Ma un approccio più serio a questi problemi chiarisce che una simile risposta è erronea... L'accettazione di una teoria è infatti sempre il risultato di un compromesso tra l'esigenza di 'accordo con i fatti' e quella di 'semplicità' »[3]. E se si tiene altresì conto che quella di ciò « che si intende per 'semplicità'... è una questione che concerne le radici sociali della teoria » e che dunque Frank sembra propenso a considerare il principio di semplicità un « criterio

sociologico »[4], la sua posizione diventa del tutto inaccettabile: il fondamento decisivo della conoscenza scientifica di una teoria viene difatti trasferito nella sfera dei rapporti sociali.
Si pone a questo punto il problema di stabilire quale sia lo statuto della semplicità di principio, in che cosa consista la fonte della semplicità delle teorie e di che genere sia questa stessa semplicità.
La semplicità di principio non è legata direttamente e rigidamente né a quella linguistica, né a quella semantica, né a quella pragmatica. Essa non sta ad indicare né la facilità degli strumenti di espressione della teoria, né la possibilità che quest'ultima venga assimilata senza fatica o la chiarezza e l'evidenza intuitive. Ma per ora si tratta soltanto di caratterizzazioni negative, in grado di dirci soltanto quello che la semplicità di principio non è.

Allo scopo di fornire una risposta positiva esaminiamo alcuni esempi a mo' di illustrazioni. Di solito quando si parla di semplicità si assume in qualità di esempio il confronto tra la concezione di Copernico e quella di Tolomeo. E sebbene ultimamente, nell'ambito della letteratura dedicata ai problemi di storia della scienza, siano stati espressi dubbi sulla effettiva semplicità della concezione di Copernico, non si può non rilevare come tali dubbi siano diretti contro una ipervalutazione del grado di questa semplicità, più che contro la tesi in se stessa, secondo la quale, ripetiamo, la teoria di Copernico va considerata più semplice (in un'intera gamma di relazioni) di quella di Tolomeo. Proprio per questo io ritengo di poter correre il rischio di valermi di questo esempio, tanto più considerando che esso mi serve come semplice illustrazione e non già al fine di ricostruire in modo scrupoloso il corso reale della conoscenza.
Passiamo pertanto a porre a confronto l'una con l'altra la teoria eliocentrica e quella geocentrica. Secondo quest'ultima, al centro del sistema planetario si trova la Terra, attorno alla quale girano la Luna, il Sole e i pianeti. Il raffronto di questa teoria con i dati delle osservazioni astronomiche, tuttavia, evidenziò progressivamente la profonda discordanza tra il corso dei pianeti, che si osservava direttamente, e le orbite che erano invece state previste per via teorica. Il moto dei pianeti non era circolare ma risultava molto complicato, seguiva, per così dire, un andamento a zig-zag. Il pianeta ora seguiva il suo moto normale verso est attraverso le costellazioni, ora all'improvviso e inspiegabilmente invertiva la direzione e cominciava a spostarsi verso ovest, in moto detto 'retrogrado'. Per poter ricostruire l'accordo tra il sistema geocentrico e il materiale empirico fu necessario introdurre nel sistema medesimo una nuova ipotesi. Si suppose che i pianeti non si muovessero direttamente attorno alla Terra, bensì ruotassero, descrivendo un piccolo cerchio (l'epiciclo), attorno a un determinato punto della circonferenza di un secondo cerchio rotante (il deferente), il cui centro coincideva con quello della Terra. Tale ipotesi permise di spiegare in qualche modo gli apparenti moti retrogradi dei pianeti. Ben presto, però, anch'essa si rivelò insufficiente.

Si ritenne allora di dover aggiungere a quello che era già stato introdotto un secondo epiciclo, detto 'minore': il moto del pianeta veniva in tal modo ad essere spiegato attraverso il sistema di cerchi compositi (epiciclo minore su epiciclo maggiore su deferente) illustrato nella figura 1.

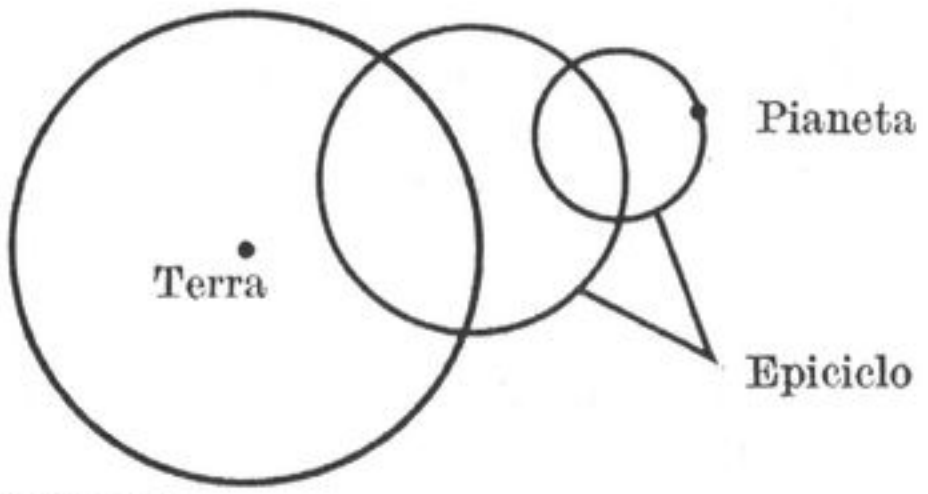


Fig. 1

Nel caso di alcuni pianeti si rese necessario introdurre diverse decine di epicicli, i cui raggi (come del resto in generale tutte le grandezze del sistema) avevano un carattere completamente arbitrario. Il ricorso a stratagemmi così manifestamente arbitrari ed escogitati ad arte aventi un chiaro carattere di ipotesi *ad hoc*, portò la teoria a un tal grado di complessità, difficilmente giustificabile e oltretutto non risultante in alcun modo dalla tesi fondamentale della teoria geocentrica, da evidenziare la complessiva artificiosità del sistema teorico[5].

Dall'altra parte la teoria eliocentrica di Copernico, che poneva invece al centro del sistema il Sole, non richiedeva il ricorso a espedienti del genere (anche se, ovviamente, la storia reale è assai più complessa di questo andamento schematico al quale io mi sono riferito soltanto a mo' di esempio. Copernico fu infatti costretto a mantenere le orbite circolari dei pianeti e gli epicicli, anche se riuscì a ridurre considerevolmente il numero di questi ultimi). In seguito la teoria di Copernico subì varie modifiche: si abolì il ricorso agli epicicli e le orbite divennero ellittiche. Ma questi mutamenti furono il risultato dello sviluppo del nucleo fondamentale della concezione di Copernico e non l'effetto dell'introduzione di ipotesi *ad hoc*.

Mi varrò qui, per illustrare quel che intendo dire, di un efficace esempio addotto da B. Russell[6], che se ne valse però in riferimento a un argomento diverso. Poniamo che io registri il numero dei taxi dei quali mi servo (N) e gli istanti di tempo nei quali li prendo (t). La matematica mi garantisce che per tutte le macchine già utilizzate posso costruire un'espressione analitica in cui il numero dei taxi compaia come funzione dell'istante di tempo nel quale io ho preso la macchina: $N = f(t)$.

Il numero del taxi, che ho appena preso, non entrerà in questa formula: se però io lo includo, unitamente al corrispondente istante di tempo, nei

dati di partenza, sarà possibile modificare la funzione f, inserendo in essa determinati coefficienti correttivi, nuovi membri e via dicendo (cioè valendomi di opportune ipotesi *ad hoc*), in modo tale che per ogni nuovo numero io possa di nuovo costruire un'espressione $N = f'(t)$. Il carattere vizioso di questo procedimento consiste per l'appunto nel fatto che noi qui ogni volta adattiamo la formula ai dati di cui disponiamo. La nostra 'teoria' non è in grado di predire un solo evento successivo, anche se, attraverso il ricorso a artifizi matematici, può essere modificata in modo da poter inglobare in sé *post factum* l'evento in questione.
Questo 'modello' consente di evidenziare il legame che i correttivi e i regolatori metodologici considerati intrattengono tra di loro. La nostra 'teoria' è priva di qualsiasi carattere di generalità, essa non è in grado di predire alcun nuovo evento e per poter essere fatta corrispondere ai 'dati osservativi' deve costantemente variare la sua equazione di partenza, inserendo continuamente in essa sempre nuove ipotesi arbitrarie, deve cioè circondarsi di continuo di postulazioni *ad hoc*.

A questo punto si può cercare di fornire una prima definizione della semplicità di principio: la semplicità di principio di una teoria consiste nella sua capacità di spiegare la più ampia serie possibile di eventi a partire da basi relativamente scarne e senza fare ricorso a ipotesi *ad hoc* arbitrarie. La complessità di una teoria, che depone a suo sfavore, consiste invece nella presenza di molte ipotesi artificiose e arbitrarie, che non hanno alcun legame con i suoi principi fondamentali e che trasformano pertanto la teoria nel suo complesso in un qualcosa di ricercato e di assai ingombrante.
Per semplicità di principio di una teoria si intende dunque la semplicità del suo « nucleo » (I. V. Kuznecov), del suo « schema teorico fondamentale » (V. S. Stepin), della « classe dei postulati teorici basilari » (E. Nagel) e via dicendo, cioè la semplicità nel senso del minor numero possibile di postulati di partenza a cui corrisponda la sequenza più ampia possibile di applicazioni. In un certo senso la semplicità di principio di una teoria risulta necessariamente legata alla sua complessità, intesa, però, in un senso ovviamente diverso.
In ogni teoria sufficientemente sviluppata si ha una catena logica di una determinata lunghezza che, a partire dai postulati fondamentali della teoria medesima e attraverso loro specificazioni di vario genere, porta ai dati osservativi. Tanto più la teoria è astratta, tanto più lunga è questa catena logica. Essa, per servirsi della terminologia coniata da M. Bunge[7], può essere definita la profondità epistemologica della teoria.
E anche se, evidentemente, la profondità epistemologica può essere esattamente determinata e misurata solo nel caso delle teorie rigorosamente assiomatizzate, sembra giustificato, almeno dal punto di vista intuitivo, metterla in relazione con un'altra caratteristica della teoria che, sulla scorta di Einstein, potremmo chiamare complessità formale della teoria.
Questa dialettica di semplicità di principio e di complessità formale fu

opportunamente sottolineata da A. Einstein e L. Infeld, i quali, nel delineare il programma propostosi dalla teoria della relatività generale, affermavano quanto segue: « Nel corso dello sviluppo scientifico sorgono ognora nuovi ostacoli che impongono alla teoria carattere sempre più astratto... Nuovi anelli si aggiungono continuamente alla catena logica che unisce la teoria all'osservazione. Dobbiamo allungare sempre più la catena se vogliamo liberare da supposizioni superflue ed artificiose la via che conduce dalla teoria all'esperienza e se vogliamo abbracciare un dominio di fatti sempre più vasto. Più le nostre supposizioni divengono semplici e fondamentali e più gli ingranaggi matematici del nostro ragionamento si complicano. La via che dalla teoria conduce all'osservazione diviene sempre più lunga e ardua »[8]. E ancora: « Le equazioni della nuova teoria sono, dal punto di vista formale, più complicate, ma le supposizioni che stanno alla loro base sono, dal punto di vista dei principi fondamentali, più semplici »[9].

Affrontiamo ora la questione dello *status* obiettivo della semplicità di principio. Com'è noto, a proposito di quest'ultima proprietà sono state avanzate svariate speculazioni idealistiche, tra le quali una di quelle che godono di maggior credito è il principio di economia del pensiero di E. Mach, considerato da quest'ultimo la pietra angolare delle sue concezioni filosofiche.
Alla base del principio di economia del pensiero troviamo due fonti. La prima di esse è costituita da un'analogia piuttosto banale con la biologia e la scienza economica. Mach non si curò di occultare questa radice, anzi, sostenne esplicitamente che alla sua formulazione fu condotto dalle conversazioni con un economista sui problemi di una corretta gestione dell'economia. In che cosa consiste il segreto di quest'ultima, si chiede Mach, e risponde: in economia si utilizzano tutti i mezzi e gli strumenti di cui si dispone. Anche la scienza fa qualcosa di analogo. Essa si limita a descrivere la moltitudine dei fatti nel modo più economico. Le leggi di natura, secondo Mach, altro non sono dunque che una semplice descrizione economica dei fatti. La legge di Galileo e la tavola dei valori della traiettoria e degli istanti di tempo di un corpo in caduta libera sono la stessa cosa. Per questo Mach pensa di poter ridurre tutta l'enigmatica potenza della scienza alla sistematizzazione economica. La seconda fonte del principio di economia è costituita dalla semplicità, che pur essendo effettivamente inerente alle teorie scientifiche è stata però assolutizzata da Mach. Tale semplicità, difatti, da conseguenza della verità della teoria è stata da Mach trasformata in causa di questa verità, analogamente al procedimento messo in atto dal pragmatismo, il quale ha trasformato il valore pratico delle teorie da effetto della loro verità in causa di quest'ultima.

Per un materialista se una teoria è obiettivamente vera non può che essere confermata e verificata dalla pratica e non può che avere successo nella sua applicazione pratica. Il pragmatista, al contrario, ritiene che una

teoria sia vera per il fatto che si dimostra fruttifera nelle sue applicazioni. Il successo, cioè, è ciò che rende vera una teoria. La stessa cosa avviene riguardo alla semplicità della teoria. Noi pensiamo che una teoria sia semplice per il fatto che è vera. Secondo Mach, invece, è proprio la semplicità a rendere vera una teoria. Anzi, per il filosofo viennese la verità di una teoria si riduce addirittura alla sua semplicità, per cui questa ultima può tranquillamente subentrare alla prima; da specifico 'indicatore' della verità la semplicità viene così ad assumere il ruolo di sua incarnazione.

Se ritorniamo per un attimo al raffronto tra la teoria di Tolomeo e quella di Copernico, operato sopra, l'opposizione di Mach al materialismo può essere raffigurata nel modo seguente.

La teoria di Copernico è indubbiamente semplice se paragonata al complesso e ingombrante sistema di Tolomeo. Un materialista ritiene che la teoria di Copernico sia semplice perché vera. Per un machista, invece, sia la teoria di Copernico, sia quella di Tolomeo altro non sono che creazioni, in stadi differenti, dell'intelligenza umana miranti alla sistemazione dei fatti disponibili. La teoria di Tolomeo perviene a questo risultato seguendo un procedimento troppo tortuoso e complesso, non economico, ed è appunto questo il motivo che ci spinge a rifiutarla. La teoria di Copernico raggiunge lo scopo suddetto in modo più semplice ed economico, ed è proprio per questo che noi la consideriamo vera, intendendo con questo ultimo termine la sua semplicità e nient'altro.

Quello di economia del pensiero è quindi un principio schiettamente soggettivistico. Esso spinge infatti a concludere che la semplicità di una teoria non scaturisca da un qualunque fondamento obiettivo, bensì esclusivamente dalle peculiarità del soggetto. Questa natura soggettivistica del principio di economia è stata messa chiaramente in luce da Lenin in *Materialismo ed empiriocriticismo*, per cui io qui mi limito a sottolineare come Lenin criticasse, per l'appunto, il principio *soggettivistico* di economia del pensiero, e non la proprietà di semplicità delle concezioni scientifiche in quanto tale. Egli cita la seguente asserzione di Mach: « La 'descrizione completa e più semplice' (Kirchhoff, 1874), la 'rappresentazione economica dei fatti' (Mach, 1872) come pure la 'concordanza del pensiero con l'essere e la concordanza dei processi di pensiero gli uni con gli altri' (Grassmann, 1844) esprimono con piccole varianti lo stesso pensiero »[10]. A proposito di questa asserzione Lenin osserva: « Non è un modello di confusione? L''economia del pensiero' ... è messa sullo stesso piano della *descrizione* più semplice (della *realtà obiettiva*, la cui esistenza Kirchhoff non ha mai messo in dubbio!) »[11]. Come si vede, la *descrizione più semplice*, se si ammette che essa sia descrizione della realtà obiettiva, non suscita obiezioni da parte di Lenin. La sua critica è diretta contro la 'economia del pensiero', intesa come criterio a partire dal quale poter asserire l'esistenza delle sole sensazioni. A giudizio di Lenin, pertanto, il principio di semplicità di per sé non ha un carattere idealistico: è la sua particolare interpretazione che può invece essere tale. Ma il principio in questione

può anche essere inteso in senso materialistico, per cui il fatto non consiste tanto nella semplicità delle concezioni scientifiche presa di per sé, ma nella fonte della semplicità e nel modo di intendere e presentare questa fonte.

Nei secoli XVII e XVIII tra gli scienziati dominava la convinzione che la natura fosse un che di assolutamente semplice: la semplicità veniva quindi intesa nel senso della presenza di un numero ristretto di sostanze ultime e indivisibili, a partire dalle quali tutto il resto potesse essere dedotto e ricavato in modo univoco. Questa convinzione era manifestamente metafisica e, di regola, trovò espressione nell'idea del carattere meccanico di tutti gli eventi che si verificano. Ma alla fine del XIX secolo questa fede nell'assoluta semplicità della natura cominciò a vacillare in modo sostanziale, con la conseguenza che anche l'idea del valore assoluto e universale della meccanica prese ad essere intaccata.
Un analista meticoloso e preciso come H. Poincaré alla fine del XIX secolo osservava giustamente: «*Il y a un demi-siècle on le confessait franchement et on proclamait que la nature aime la simplicité; elle nous a donné depuis trop de démentis. Aujourd'hui on n'avoue plus cette tendance et on n'en conserve que ce qui est indispensable pour que la science ne devienne pas impossible* »[12].
La concezione di una semplicità ontologica, intesa come un che di caratteristico della natura di per sé, come un attributo di ciò che esiste obiettivamente ai nostri giorni, ha perso quasi totalmente credito. Si può anzi affermare che se si deve in un senso qualsiasi attribuire ai processi reali la proprietà di semplicità o quella di complessità bisognerebbe piuttosto parlare di complessità obiettiva e quindi privilegiare la concezione che fa riferimento a quest'ultima.
Basta a questo proposito riferirsi alla cibernetica e alla teoria dell'informazione, le quali considerano la complessità come una caratteristica obiettiva dei sistemi. È in proposito opportuno in questa sede richiamarsi a J. Von Neumann[13], il quale pose il concetto di complessità alla base della teoria degli automi e del problema dell''autoriproduzione' delle macchine. In questo indirizzo di pensiero rientrano anche le idee enunciate da I. A. Akčurin[14] a proposito dell'inevitabile incremento della complessità d'informazione degli spazi matematici astratti necessari per la descrizione degli oggetti a crescente complessità con i quali ha a che fare la conoscenza.

Tutto questo, però, non significa che anche la teoria debba essere complessa, per il fatto che tale è il suo oggetto. Si può al contrario sostenere che i nostri costrutti teorici devono possedere una caratteristica *gnoseologica* quale la semplicità di principio proprio per poter venire a capo della complessità del mondo reale.
La semplicità di principio delle concezioni teoriche, proprio per il fatto di essere una caratteristica gnoseologica, deve, ovviamente, avere dei

fondamenti obiettivi, e a mio parere è possibile evidenziare due aspetti (interconnessi tra loro) di questi fondamenti.
Il primo aspetto è legato alla circostanza, certo banale per il materialismo, ma ignorata dalla tradizione neopositivistica, che la teoria ha in sé un contenuto di verità obiettiva. Il problema della semplicità di principio (nell'ambito, ovviamente, della tradizione materialistica) non può e non deve essere intenzionalmente separato dal problema della verità obiettiva, ma deve invece venire analizzato in stretta e indissolubile connessione con quest'ultimo.
Da questo punto di vista, la questione della fonte della semplicità di principio di una teoria diventa del tutto trasparente: la fonte, il fondamento della semplicità di principio di una teoria è costituita dalla verità obiettiva di quest'ultima. Quanto più una teoria 'si approssima' alla verità obiettiva, quanti più momenti di tale verità essa contiene in sé, tanto 'maggiore' è la semplicità di principio che essa possiede. Mi rendo perfettamente conto del fatto che la formulazione testé fornita non semplifica affatto la situazione. I termini 'si approssima', 'maggiore' sono stati messi tra virgolette proprio per il fatto che in questo contesto hanno un significato esclusivamente intuitivo: il grado di 'approssimazione' di una teoria alla verità obiettiva o il grado di semplicità di principio altro non sono che caratteristiche qualitative che non consentono alcuna determinazione quantitativa.
Le teorie non sono rappresentazioni passive della realtà in quanto tale, bensì libere creazioni dell'intelligenza umana. Tutto questo è vero. Per questo occorre precisare che la formulazione sopra fornita non fa che cogliere l'essenziale (è vero che esso potrebbe venire espresso in forma più accurata, ma questo è già un problema diverso). Se ci si concede, con una certa dose di disinvoltura, un'analogia di tipo matematico, si potrebbe affermare che la formulazione in questione costituisce la prima armonica dello « sviluppo in serie di Fourier della semplicità di principio »: essa fornisce cioè una prima, sommaria e rozza ma, tuttavia importante, approssimazione.
Perché le cose stiano così diventa chiaro se noi rammentiamo la definizione della semplicità di principio. Una teoria inadeguata, per poter essere in accordo con i dati osservativi, dovrà continuamente inglobare nel suo tessuto diverse ipotesi *ad hoc*, differenti elementi aggiuntivi estranei, che le faranno perdere quella semplicità di principio che essa poteva forse possedere inizialmente. Una teoria vera, per utilizzare un'espressione di Engels formulata, a dire il vero, in riferimento a un diverso argomento, fornisce « semplicemente una comprensione della natura quale essa è, senza aggiunte estranee di alcun genere »[15]. In questa mancanza di « aggiunte estranee di alcun genere » sta appunto la semplicità di principio della teoria.

Il secondo fondamento obiettivo della semplicità di principio è connesso con la struttura gerarchica della realtà, consistente nel fatto che dietro la

varietà dei fenomeni sta sempre una loro base comune, che trova espressione nei postulati fondamentali della teoria[16].
Questi postulati fondamentali, che costituiscono le leggi, sono sempre più semplici dei fenomeni a cui si riferiscono, non foss'altro nel senso, banale ma non per questo meno importante, che una teoria, la quale si limitasse a fornire semplicemente una registrazione completa di tutti i fenomeni con cui ha a che fare, non avrebbe nessun valore o significato. « Il valore di una teoria consiste, ovviamente, nella sua proprietà di essere più semplice della semplice registrazione delle osservazioni »[17].
A tale proposito occorre rammentare che nessuna teoria è in grado di raggiungere i gradi 'ultimi' della gerarchia summenzionata per il semplice fatto che tali gradi ultimi non sussistono affatto; « l'elettrone non è meno *inesauribile* dell'atomo, la natura è infinita »[18].
Il movimento della scienza lungo i gradi della gerarchia sotto il complesso scopre il semplice e sotto il semplice il complesso. Per questo non c'è alcun bisogno di andare a rintracciare un'immaginaria ultima istanza. La dialettica nega che possa in generale esistere un'istanza di tal fatto e ci insegna che l'essenza delle cose è inesauribile, che la 'sostanza ultima' altro non è che una finzione metafisica. La dialettica della conoscenza è tale da palesare, dietro il complesso intrecciarsi dei fenomeni, le leggi che li determinano. Queste leggi in linea di principio sono sempre più semplici della forma del loro rinvenimento e della loro scoperta. Esse però non sono espressione di una qualche sostanza ultima. Dietro di esse la scienza scopre fenomeni non meno complessi, che a loro volta conducono alla scoperta delle nuove e più profonde leggi che li determinano e così via all'infinito. La semplicità delle concezioni scientifiche non scaturisce da fondamenti soggettivi (basati, ad esempio, sulla congettura che senza postulare la semplicità la stessa scienza sarebbe impossibile), ma dall'unità obiettiva dei fenomeni di diverso genere, unità che trova la sua espressione nella loro soggezione e dipendenza da alcune leggi generali. Il compito della scienza consiste per l'appunto nella scoperta di queste leggi generali, nel ricondurre la molteplicità dei fenomeni alle leggi che li determinano.
Il fatto che, nel corso dell'ulteriore sviluppo della conoscenza, queste leggi si rivelino più complesse di quel che era parso all'inizio, non modifica il nocciolo della questione. Il compito della scienza a questo punto non sarà quello di limitarsi alla semplice constatazione di questa complessità di per sé, bensì consisterà nella riconduzione di essa a leggi ancor più profonde, che esprimono un'unità ancora più profonda, un ancor più profondo elemento di comunanza di fenomeni, che in precedenza erano parsi del tutto eterogenei.
E così la semplicità di principio delle teorie non scaturisce dalle nostre peculiarità in quanto soggetti della conoscenza, ma è determinata dalla struttura oggettiva del mondo, dall'unità di fenomeni differenti, unità che si manifesta concretamente nella possibilità di subordinarli ad alcune leggi generali in relazione ad essi. In ciò consiste il secondo aspetto dei fondamenti oggettivi della semplicità delle concezioni scientifiche.

Abbiamo visto che la semplicità di principio di una teoria è connessa con la sua verità obiettiva e che la considerazione di questo legame è estremamente importante per risolvere il problema della natura della semplicità. Ma per risolvere un'altra questione non meno importante, vale a dire quella concernente le funzioni euristiche e criteriali del principio di semplicità, è necessario ricorrere a un approccio diverso. Cercare infatti di passare dalla verità obiettiva di una teoria alla sua semplicità è del tutto privo di senso, giacché, una volta appurato che una teoria è vera, non ci sarebbe alcun bisogno di valutarne la semplicità. Il fatto è, però, che sia nel periodo di costruzione della teoria, sia per un tempo più o meno lungo dopo, noi non siamo in condizione di risolvere il problema della sua verità. In queste situazioni il principio di semplicità è chiamato a esercitare un ruolo importante. In primo luogo occorre rilevare che il principio di semplicità non può mai esser riferito a una teoria presa di per sé, separatamente: esso presuppone sempre una valutazione comparativa di diverse teorie in concorrenza tra loro (che cioè riguardano il medesimo dominio di oggetti). Anche in quei casi in cui sembrerebbe che si sia impegnati a determinare la semplicità di principio di una singola teoria sussiste pur sempre, anche se in forma non chiara e manifesta, una sua relazione e quindi il problema di un suo raffronto con una teoria di fondo (che, se lo si desidera, può venire ricostruita).

In secondo luogo le costruzioni teoriche che vengono comparate tra loro sotto il profilo della semplicità devono essere equivalenti dal punto di vista empirico. Se non sussiste questa condizione qualunque teoria potrebbe divenire semplice quanto si vuole, giacché non sarebbe necessario introdurre in essa alcuna ipotesi *ad hoc*, volta a garantirne l'accordo con i dati empirici[19]. Si intende che questa esigenza di equivalenza empirica non può essere assolutizzata; due teorie che si sono sviluppate in concorrenza tra loro spesso risultano solo approssimativamente equivalenti (una di esse, ad esempio, può risultare in accordo con i dati C_1 e in disaccordo con i dati C_2, mentre nel caso dell'altra potrebbe essere il contrario). Ma pur con tutte le riserve e le restrizioni che si possono fare è necessario che le teorie da raffrontare siano empiricamente equivalenti (anche se in via approssimata).

In terzo luogo la semplicità di principio deve essere vista come un qualcosa che si sviluppa, che ha cioè un carattere non statico, ma dinamico. La tesi del carattere dinamico della semplicità di principio non può certo essere presentata come un che di nuovo e originale, dato che è stata annunciata, più o meno di sfuggita, da diversi autori. Io mi riferirò a due di essi.

« Se andiamo a vedere quale sia stato il fondamento decisivo che ha portato a prediligere effettivamente determinate teorie in forza della loro semplicità troviamo che esso non è né di tipo economico (risparmio di tempo e di sforzi), né di tipo estetico (bellezza, eleganza), bensì è quella che è stata sovente definita la base *dinamica*. Ciò significa che è stata preferita

la teoria che rendeva la scienza più dinamica, cioè più adatta a espandersi nel campo dell'ignoto »[20].

« Tra le due teorie, che spiegano entrambe un determinato dominio di fenomeni, quella vera dovrà necessariamente essere più semplice di quella falsa. Anche quest'ultima può spiegare questa o quella cerchia di fatti, ma per farlo dovrà ricorrere a una quantità di ipotesi arbitrarie. Una concezione falsa è statica: via via che vengono scoperti aspetti sempre nuovi nel dominio soggetto a indagine essa dovrà pertanto introdurre principi estranei sempre nuovi: essa non può dedurre questi ultimi dalle sue premesse di partenza. Al contrario una teoria vera è *dinamica*, passibile di sviluppo: essa è in grado di spiegare nuovi aspetti, o a partire dalle sue premesse iniziali, o aggiungendo ad esse non ipotesi estranee, bensì correttivi volti a conseguire una maggior precisione »[21].

Analoghe opinioni sono state enunciate anche da G. Schlesinger[22]. L'acquisizione, nel corso dello sviluppo e dell'elaborazione di una delle ipotesi che in partenza si presentavano ugualmente semplici, di una maggiore semplicità rispetto alle sue concorrenti viene da lui a proposito definita criterio di semplicità dinamica: e, per formulare quest'ultima, Schlesinger si impegna in una dettagliata e circostanziata analisi.

La sostanza della semplicità dinamica può grosso modo venire spiegata nei termini seguenti. Si abbiano due teorie in concorrenza tra loro T_1 e T_2, che, in un determinato istante, sembrano avere le stesse possibilità di successo, nel senso che risultano ugualmente confermate e ugualmente semplici. Si ponga ora che nella tappa successiva si ottengano nuovi dati (C_1), con i quali T_1 è in accordo mentre T_2 è in disaccordo. Per eliminare questa discordanza i sostenitori di T_2 faranno allora ricorso a qualche nuova ipotesi h_1. Ne segue che in questo secondo stadio a essere in conflitto tra di loro sono le teorie T_1 e $T_2\,h_1$. Proseguendo, si supponga che in una terza fase ci si imbatta in nuovi dati (C_2) che ancora una volta concordino con T_1 e siano invece incompatibili con $T_2\,h_1$. Quest'ultima sarà allora soggetta a un'ulteriore modifica dalla quale emergerà una teoria diversa $T_2\,h_1\,h_2$ e via di seguito. Nel corso dello sviluppo, quindi, a conservare la sua struttura fondamentale è la sola teoria T_1: la seconda si è invece progressivamente circondata di ipotesi ausiliarie che l'hanno trasformata in $T_2\,h_1\,h_2 \ldots h_n$. Uno sviluppo di questo genere sta ad indicare che T_2 ha perso la sua originaria semplicità e, di conseguenza, anche ogni possibilità di 'sopravvivenza'. Si può in tal modo constatare che nel corso dello sviluppo della conoscenza all'interno di una serie di teorie che originariamente presentavano più o meno la medesima semplicità ne emerge una (T_1 nel nostro esempio) caratterizzata dal minor numero possibile di ipotesi arbitrarie estranee e, conseguentemente, dotata della maggiore semplicità di principio. Se si cerca, da questo stadio, di gettare uno sguardo al futuro, alla fase cioè in cui si potrà stabilire quale delle teorie in concorrenza andrà assunta come vera, si può dire che è proprio T_1 a godere delle migliori prospettive di risultare la teoria in questione,

per il fatto che essa si presenta al momento come la più semplice. Se ci si trasferisce mentalmente a questa fase futura e da lì si lancia una occhiata retrospettiva alla situazione che si è venuta a creare si potrà dire che T_1 contiene al massimo grado un momento di verità obiettiva e proprio per questo è la più semplice.

Nel panorama della nostra produzione epistemologica e metodologica la concezione della semplicità dinamica è soggetta a valutazioni piuttosto discordanti. E. A. Mamčur, ad esempio, ritiene che « la concezione di Schlesinger sia più vicina a quell'idea della semplicità che si può riscontrare nelle asserzioni di noti scienziati e, indubbiamente, 'coglie' una tendenza importante nello sviluppo della conoscenza scientifica »[23]. Più critico è invece l'atteggiamento di I. P. Merkulov, il quale pensa che « la concezione della 'semplicità dinamica' si riferisca soltanto alle previsioni di tipo analitico »[24].
Da quel che si è detto in precedenza risulta chiaro che io propendo per la prima valutazione. In proposito a me pare che l'opinione di Merkulov si basi su un equivoco. Una previsione di tipo sintetico in sostanza si registra in concomitanza con la costruzione di una nuova teoria. È ovvio che la semplicità dinamica non è in grado di dirci nulla, direttamente, sulla via da seguire per costruire le nuove teorie. Ma non appena la nuova teoria è venuta alla luce (predizione di tipo sintetico) nella lotta concreta per la sopravvivenza con le teorie già esistenti essa o sarà in grado di soddisfare oppure no il criterio di semplicità dinamica.

Alla semplicità di principio sono legati vari indicatori più specifici e particolari, che confinano con essa e le sono strettamente associati. A questo proposito si può citare in primo luogo il *principio di Reichenbach*, o principio di *eliminazione degli effetti universali*. La sostanza di questo principio può venire esposta nel modo seguente[25].
Bisogna in primo luogo operare una distinzione tra effetti differenziali e effetti universali. « Se un effetto è diverso rispetto a sostanze diverse, è un *effetto differenziale*; se è quantitativamente lo stesso prescindendo dalla natura della sostanza, è un *effetto universale* »[26]. Da esempio di effetto differenziale può servire la dilatazione termica di un regolo:

$$l = l_0 [1 + \beta (T - T_0)]$$

Come esempio di un effetto universale si può invece assumere la contrazione del regolo medesimo nel campo gravitazionale generato da un corpo di massa m alla distanza r:

$$l = l_0 \left(1 - c \frac{m}{r} \cos^2 \varphi\right)$$

dove c è una costante universale e φ è l'angolo tra il regolo e la retta che unisce il centro del regolo e la sorgente del campo.

Questo secondo effetto è di carattere universale perché la costante c non varia a seconda della sostanza di cui è fatto il regolo e perché nella formula non vi sono parametri che varino da sostanza a sostanza (β, cioè il coefficiente di dilatazione termica che compare nella prima formula, è costante solo per tutti i corpi di una medesima sostanza, mentre per sostanze diverse assume valori diversi. Se questo non avvenisse, se cioè il coefficiente β fosse identico per tutte le sostanze, la dilatazione termica sarebbe un effetto universale).
Reichenbach formulò il suo principio di eliminazione degli effetti universali analizzando le peculiarità della teoria della relatività generale alla luce della scelta tra la via intrapresa da Einstein (modificare la geometria conservando le leggi della fisica) e quella seguita invece da Poincaré (conservare la geometria mutando le leggi della fisica).

Non ho qui la possibilità di esaminare in dettaglio questo grande e complesso problema, per cui mi limiterò a cercare di chiarire il nocciolo della questione valendomi del seguente esempio[27].

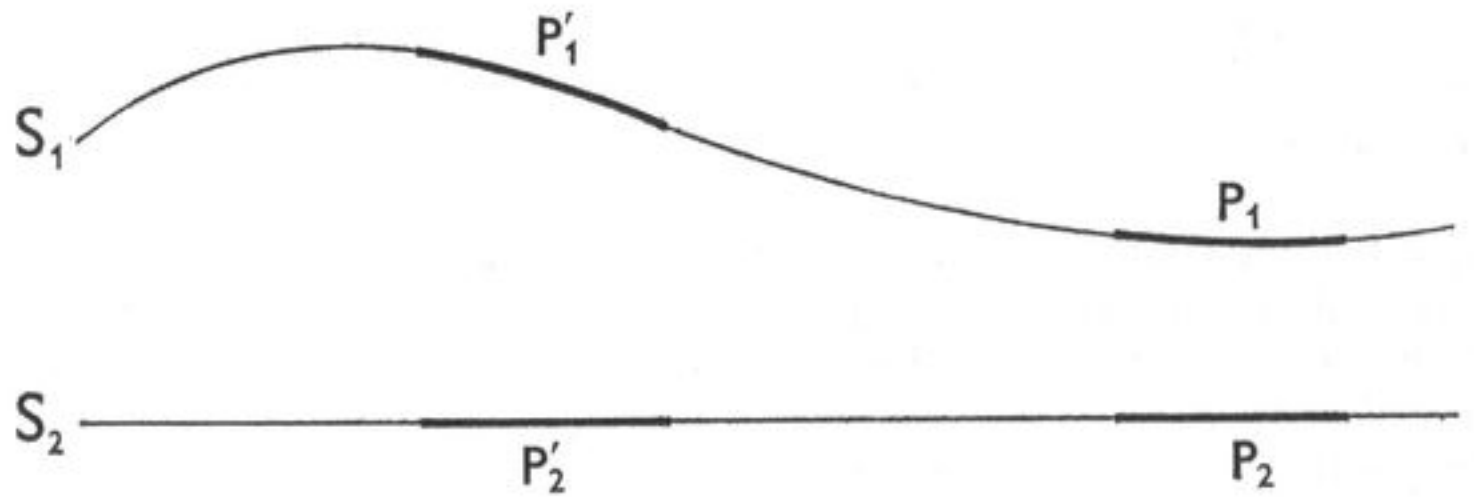


Fig. 2

Immaginiamo un mondo bidimensionale, raffigurato di profilo dalla superficie S_1 che ci serve come modello di un piano non-euclideo. In questo mondo vivono creature bidimensionali, le quali dispongono di regoli rigidi che possono spostare lungo la loro superficie.
S_2 rappresenta invece il ben noto piano euclideo. Per descrivere il moto del regolo dalla posizione non tratteggiata a quella tratteggiata ci si può servire del linguaggio della geometria non euclidea T_1, assunto dai fisici in S_1, oppure ci si può valere del linguaggio della geometria euclidea T_2, che vige invece in S_2. Se l'evento viene descritto nel linguaggio T_1 il regolo non si contrae, ma la geometria del mondo sarà non-euclidea. Se invece si ci rivolge al linguaggio T_2 il mondo sarà euclideo, ma il regolo nella posizione P_2 avrà subito una contrazione (la formula trascritta in precedenza esprime, per l'appunto, anche questa contrazione). I fisici possono dunque scegliere il linguaggio T_2, e in tal caso essi devono modificare le leggi della meccanica e dell'ottica: oppure possono conservare queste leggi, e allora devono sostituire il linguaggio della geometria euclidea T_2 con quello della geometria non-euclidea T_1.

La scelta tra queste alternative può, per l'appunto, essere compiuta con l'ausilio del principio di eliminazione degli effetti universali. Questa fu la via seguita da Einstein, il quale, ricorrendo a un adeguato sistema di spazio-tempo non-euclideo, si sottrasse alla necessità di parlare di un effetto universale di contrazione e dilatazione dei corpi nei campi gravitazionali.
Del principio di Reichenbach può essere data la seguente formulazione: « Ogniqualvolta vi è un sistema di fisica in cui un certo effetto universale è descritto da una legge che specifica in quali condizioni e in che misura si manifesta l'effetto, la teoria dovrebbe essere trasformata in maniera tale, da ridurre a zero l'entità dell'effetto... Ogni volta che in fisica si trovano effetti universali... è sempre possibile eliminarli con una oppportuna trasformazione della teoria. Si dovrebbero eseguire queste trasformazioni considerando i vantaggi che ne risultano dal punto di vista della semplicità complessiva »[28].
Carnap mostra di apprezzare molto il principio di Reichenbach: egli infatti osserva che tale principio può risultare proficuo anche in nuove situazioni « che potranno presentarsi in futuro, quando saranno scoperti altri effetti universali »[29]. Questa valutazione, evidentemente, non suscita controversie e non provoca troppi dubbi, visto che viene fatta propria anche da altri metodologi[30].

Un altro importante regolatore, che a mio giudizio è pure legato alla proprietà di semplicità di principio dei costrutti teorici, è il *principio* di R. Feynman, o principio della *varietà dei possibili schemi interpretativi equivalenti*[31]. Il fatto che Feynman ricorra ripetutamente a questo principio testimonia che non si tratta di un semplice e casuale capriccio dell'eminente fisico e che dunque bisogna, come minimo, riflettere su questa sua proposta teorica.
Alla base della formulazione del principio di Feynman sta il ben noto fatto della presenza nella scienza di formulazioni, equivalenti sotto il profilo matematico, di molte leggi e teorie fondamentali[32]. Si può ad esempio citare il caso dei formalismi di Heisenberg (meccanica delle matrici), di Schrödinger (meccanica ondulatoria) e di Feynman, tutti e tre relativi alla meccanica quantistica ed equivalenti dal punto di vista matematico. L'elettrodinamica, a sua volta, può essere costruita sulla base delle equazioni differenziali di Maxwell e su quella dei principi di minima azione senza il ricorso a campi. La meccanica classica ammette le formulazioni equivalenti di Newton, di Lagrange e di Jacobi-Hamilton. La legge della gravitazione universale può essere scritta in forma newtoniana, sotto forma di equazione di Poisson e mediante il principio di minimo.
In questa varietà e pluralità di formulazioni c'è un qualche significato 'riposto'? Feynman dimostra che effettivamente c'è.
Egli prende le mosse dalla descrizione di alcune peculiarità dello sviluppo della fisica e sottolinea che tra le due vie, quella 'babilonese' (sono note diverse teorie, molte relazioni tra di esse, ma non sussiste uno e un unico

sistema assiomatico) e quella 'greca' (c'è un sistema di assiomi che ha altresì la pretesa di porsi come l'unico possibile), per un fisico è preferibile il primo. Ed ecco perché.

La fisica è una scienza sostanzialmente incompleta. « Un giorno, quando la fisica sarà completa e sapremo tutte le leggi, forse potremo cominciare dagli assiomi, e senza dubbio qualcuno studierà un modo particolare di farlo in modo che tutto possa essere dedotto »[33]. Per ora però le cose non stanno così, e il compito fondamentale della fisica è quello di ricercare nuove leggi ancora sconosciute. Non siamo in grado di dedurle da alcunché, visto che non disponiamo di un sistema completo di assiomi, per cui possiamo fare solo delle congetture, e in questo tentativo di 'intuire' quali potranno essere le nuove leggi è fondamentale il ruolo di indirizzo che può essere svolto dalle diverse formulazioni equivalenti di leggi già note.

Feynman chiarisce tutta la portata e l'importanza del ruolo suddetto valendosi dell'esempio delle formulazioni equivalenti della legge di gravitazione. Dal punto di vista delle conseguenze sperimentali tali formulazioni sono equivalenti, « psicologicamente, però, sono molto diverse per due aspetti. Primo, dal punto di vista filosofico, vi piacciono o non vi piacciono, e la pratica è l'unico modo per combattere questa malattia. Secondo, psicologicamente[34], sono diverse perché non sono affatto equivalenti quando le prendete come punto di partenza per indovinare nuove leggi »[35]. Più avanti Feynman cerca di chiarire il significato di questa sua asserzione rifacendosi all'esempio della formulazione, da parte di Einstein, della teoria della relatività generale, dove « il metodo di Newton di descrivere la fisica è totalmente inadeguato ed enormemente complicato, mentre il metodo del campo è chiaro e semplice, e così pure il principio di minimo. Tra gli ultimi due, però, non possiamo ancora scegliere »[36].

La presenza di alcune descrizioni equivalenti amplia in modo gigantesco le nostre possibilità euristiche. Oltre a ciò la molteplicità di formulazioni equivalenti serve da marchio di riconoscimento di genere particolare per individuare le leggi di natura veramente fondamentali. In effetti, se si prendono le formulazioni equivalenti della legge di gravitazione (legge di Newton, il metodo del campo locale, il principio di minimo) si vede come esse siano dotate di un'interessante proprietà. Se nella legge di Newton non comparisse il quadrato della distanza, il metodo del campo locale non sarebbe proponibile: se la forza fosse proporzionale non alla accelerazione ma, per dire, alla velocità, il principio di minimo diverrebbe impossibile. Basta modificare le leggi note perché il numero delle possibili formulazioni si riduca sensibilmente.

In altre parole: « ... le leggi della fisica sono esprimibili in una... gran varietà di modi »[37]. Questo stato di cose può, a mio giudizio, essere definito *Principio di Feynman* o *principio della molteplicità e varietà delle formulazioni equivalenti.*

Nell'enunciarlo Feynman si è ovviamente basato sulla sua ricca esperienza

personale. Nella sua '*Nobel lecture*', riferendosi alla strada da lui seguita per arrivare a fondare l'elettrodinamica quantistica, egli sottolineò in modo particolare il ruolo enorme che in questo processo era stato esercitato dall'utilizzazione del principio di molteplicità delle formulazioni equivalenti.

Feynman afferma onestamente di non sapere in che cosa consista il fondamento profondo di questo principio. « A me è sempre parso strano che le leggi più fondamentali della fisica, dopo essere state scoperte, ammettano pur tuttavia una simile, incredibile molteplicità di formulazioni »[38]. Nonostante ciò egli avanza un'ipotesi che, a mio parere, non è priva di fondamento e che pone il principio da lui enunciato in relazione con il concetto di semplicità.

« A me sembra che qui si rifletta in qualche modo la semplicità della natura... Io non so che cosa debba significare questa aspirazione della natura a scegliere forme così curiose e interessanti, ma forse proprio in ciò consiste la definizione di semplicità. Può quindi darsi che una cosa sia semplice solo nel caso che la si possa caratterizzare e descrivere in maniera esauriente solo ricorrendo a diverse modalità descrittive, senza sapere ancora che in realtà si sta parlando di una sola e medesima realtà »[39].

L. B. B.

Traduzione dal russo: S. TAGLIAGAMBE - PISA

BIBLIOGRAFIA E NOTE

1 Per quel che riguarda la letteratura sovietica sull'argomento, senza, ovviamente, pretendere di fornire una rassegna esaustiva, possono essere citati (in ordine cronologico) i seguenti lavori: L. B. BAZENOV, *Osnovnye voprosy teorii gipotezy* (Questioni fondamentali di teoria dell'ipotesi), Mosca, 1971; V. N. KOSTIUK, *Rol' principa prostoty v estestvennonaucnyh teorijah* (Il ruolo del principio di semplicità nelle teorie scientifiche), in 'Voprosy filosofii', 1964, N. 5; A. K. SUHOTIN, *Marksizm i pozitivizm o kriterii prostoty v postroenii naucnogo znanija* (Il marxismo e il positivismo sul criterio di semplicità nella costruzione della conoscenza scientifica), in 'Ucenye zapiski Tomskogo Universiteta' (Rendiconti dell'università di Tomsk), 1964, N. 52; A. I. UEMOV, *Problema postroenija obscej teorii uproscenija naucnyh znanij* (Il problema della costruzione di una teoria generale per la semplificazione della conoscenze scientifiche), in *Logika i metodologija nauki* (Logica e metodologia della scienza), Mosca, 1967; I. V. KUZNECOV, *Preemstvennost', edinstvo i minimizacija znanija-Fundamental'nye certy naucnogo metoda* (Continuità, unità e minimizzazione della conoscenza - i tratti fondamentali del metodo scientifico), in *Materialisticeskaja dialektika i metody estestvennyh nauk* (La dialettica materialistica e i metodi delle scienze della natura), Mosca, 1968; E. E. LEDNIKOV, *Problema konstruktov v analize naucnyk teorij* (Il problema dei costrutti nell'analisi delle teorie scientifiche), Kazan', 1969; E. A. MAMCUR, *Leninskoe ponimanie poznanija i problema evristiceskoj prostoty* (La concezione leniniana della conoscenza e il problema della semplicità euristica) in 'Voprosy filosofii', 1969, N. 10; E. A. MAMCUR, *Problema vybora teorii* (Il problema della scelta della teoria), Mosca, 1975; I. P. MERKULOV, *K analizu ponjatija 'dinamiceskoj prostoty'* (Per una analisi del concetto di 'semplicità dinamica', in *Filosofija.Metodologija.Nauka* (Filosofia.Metodologia.Scienza), Mosca, 1977.

2 PH. FRANK, *Filosofija nauki* (Filosofia della scienza), Mosca, 1960, p. 514.

3 *Ivi*, p. 515.

4 *Ivi*, p. 516.

5 Si può a questo proposito ricordare un noto aneddoto storico. L'infante di Spagna (il futuro re Alfonso X il Saggio), dopo aver studiato il sistema di Tolomeo, osservò spiritosamente che se dio, nel momento in cui creava il mondo, si fosse rivolto a lui per un consiglio, egli gli avrebbe raccomandato di costruirlo in maniera più semplice.

6 Cfr. B. RUSSEL, *La conoscenza umana* (Ed. russa: Mosca, 1957, p. 347).

7 Cfr. M. BUNGE, *Myth of Simplicity*, New York, 1963, p. 11.

8 Cfr. A. EINSTEIN-L. INFELD, *L'evoluzione della fisica*, Torino, Boringhieri, 1965, p. 223.

9 *Ivi*, pp. 247, 248.

10 Cfr. LENIN, *Materialismo ed empiriocriticismo*, Editori Riuniti, Roma, 1970, p. 167.

11 *Ivi*, pp. 167, 168.

12 Cfr. H. POINCARÉ, *La science et l'hypothèse*, Flammarion, Paris, 1968, p. 145.

13 Cfr. J. VON NEUMANN, *Theory of Self-reproducing Automata*, 1966.

14 Cfr. I. A. AKCURIN, *Teorija elementarnyh castic i teorija informacii* (Teoria delle particelle elementari e teoria dell'informazione), in *Filosofskie problemy fiziki elementarnyh castic* (Problemi filosofici della fisica delle particelle elementari), Mosca, 1960.

15 Cfr. K. MARX e F. ENGELS, *Socinenija* (Opere), vol. 20, p. 513.

16 In questa sede non è per me importante rilevare che di questa struttura noi veniamo a conoscenza soltanto attraverso le nostre teorie e che le nostre idee concrete su di essa altro non sono, in un certo senso, che il risultato della 'proiezione sulla realtà' della struttura gerarchica della teoria.

17 Cfr. PH. FRANK, *Filosofia della scienza*, cit., p. 515.

18 Cfr. LENIN, *Materialismo ed empiriocriticismo*, cit., p. 257.

19 L'ignoranza dell'esigenza della equivalenza empirica è alla base di evidenti equivoci, che si verificano ogni volta che si pongono a raffronto teorie non equivalenti. Si prendono ad esempio la teoria della gravitazione newtoniana (nella sfera del suo dominio e della sua competenza) e la teoria della relatività generale (il cui dominio di oggetti include in sé anche la sfera newtoniana) e si conclude che la prima è più semplice della seconda. Tale procedimento è ovviamente illegittimo. Infatti non appena noi proviamo a estendere la teoria newtoniana anche al nuovo dominio di fenomeni constatiamo come essa sia costretta ad attorniarsi di una selva di ipotesi *ad hoc*.

20 Cfr. PH. FRANK, *Filosofia della scienza*, cit., pp. 513, 514 (i corsivi sono miei, L. B.).

21 Cfr. L. B. BAŽENOV, *Osnovnye voprosy teorii gipolezy* (Questioni fondamentali di teoria dell'ipotesi), cit., p. 24.

22 Cfr. G. SCHLESINGER, *Method in the Physical Sciences*, London, New York, 1963, pp. 8-44.

23 Cfr. E. A. MAMCUR, *Problema vybora teorii*, cit., p. 135.

24 I. P. MERKULOV, *K analizy ponjatija dinamicesskoj prostoty*, cit., p. 191.

25 Una mirabile esposizione di questo principio è fornita da R. CARNAP in *I fondamenti filosofici della fisica*, Il Saggiatore, Milano, 1966, pp. 210-213.

26 Cfr. R. CARNAP, *I fondamenti filosofici della fisica*, cit., p. 210.

27 *Ivi*, pp. 181-185 e 193-198.

28 *Ivi*, pp. 212, 213.

29 *Ibidem*.

30 Si veda ad esempio E. A. MAMCUR, *Problema vybora teorii*, cit., pp. 140-150, dove l'autore espone il principio di Reichenbach e fornisce diversi esempi della sua efficacia.

31 Cfr. R. FEYNMAN, *La legge fisica*, Boringhieri, Torino, 1971, p. 60. Il problema delle descrizioni equivalenti è ampiamente affrontato da H. REICHENBACH in *Filosofia dello spazio e del tempo*, Feltrinelli, Milano, 1977. Per quel che concerne l'Unione sovietica, esso è analizzato in diverse opere, tra le quali vanno citate le seguenti: E. I. FOKIN, *Problema mnozestvennosti ekvivalentnyh opisanij* (Il problema della pluralità delle descrizioni equivalenti), in 'Voprosy filosofii', 1972, N. 4; V. K. ZOLOTAREV, *K voprosu ob ekvivalentnyh opisanijah v fizike* (A proposito della questione delle descrizioni equivalenti in fisica) in *Nekotorye filosofskie voprosy sovremennogo estestvoznanija* (Alcuni problemi filosofici dell'odierna scienza della natura), Mosca, 1974. Come risulterà evidente in seguito a me interessa un solo aspetto di questo problema, ragion per cui non c'è, da parte mia, alcuna pretesa di fornire una analisi completa di esso.

32 Sul ruolo del metodo assiomatico in fisica cfr. M. E. OMELYANOVSKIJ, *Dialektika v sovremennoj fizike* (La dialettica nella fisica odierna), cap. X, dove l'autore osserva a questo proposito che « le considerazioni e le valutazioni di Feynman sul metodo assiomatico... vanno prese *cum grano salis* » (p. 294).

33 Cfr. R. FEYNMAN, *La legge fisica*, cit., p. 54.

34 Meglio sarebbe dire euristicamente, anziché psicologicamente (L. B.).

35 Cfr. FEYNMAN, *op. cit.*, p. 59.

36 *Ivi*, pp. 59, 60.

37 *Ivi*, p. 61.

38 Cfr. R. FEYNMAN, *Nobel Lectures*.

39 *Ibidem*.

The Property of Simplicity of Principle of Theoretical Constructions

LEV B. BAŽENOV
Akademii Nauk SSSR, Moskva

The problem of the simplicity of theoretical constructions is covered by a vast literature that deals thoroughly with its different aspects, starting from a great variety of points of view[1].

I am not going to discuss here in detail the multiple aspects in question; I shall rather draw attention at once to the subject of the analysis that follows. The most varied meanings may be attached to the term 'simplicity'. Usually three types of simplicity are emphasised: the linguistic or syntactical type (associated with the use, on the part of theory, of linguistic instruments); the semantic type (which concerns the meaning of the linguistic expressions that enter into theory); and the pragmatic type (which concerns the use of theory). In addition to these three types, one can also speak of gnoseological, heuristic and inductive simplicity, and simplicity of principle — all these being terms indicating more or less the same thing. I shall mainly refer to the last of these terms.

Simplicity of principle is one of the main methodological regulators, which at times is even put forward as the only one (or at least the most important one). This last point of view is typical of methodologists that pay tribute to the conventionalistic tendency. For example, P. Frank considers simplicity the only possible regulator (and even something more). « It has now become clear — he writes — that the requisites of any theory in the modern sense of the term are 'agreement with observation' and 'simplicity' »[2]. The «even something more», of which I spoke just now consists in the fact that he also sets himself the problem of establishing which of these two requisites is the more important, and he replies as follows:

« If the question is put to a scientist, in all probability he will answer that the decisive element is provided by agreement with the observed facts, and that 'simplicity' has a secondary significance. But a more serious approach to these problems shows that such an answer is wrong... In fact, the acceptance of a theory is always the result of a compromise between the need for 'agreement with the facts' and the need for 'simplicity' »[3]. And if one bears in mind that the question of « what is meant by 'simplicity'... is one that concerns the social roots of theory » and that Frank therefore seems inclined to consider the principle of simplicity a « sociological criterion »[4], his attitude becomes wholly unacceptable: in fact, the decisive foundation of the scientific knowledge of a theory is transferred to the sphere of social relations.

At this point there arises the problem of establishing what is the constitution of simplicity of principle, in what the source of simplicity of theories consists, and what is the nature of this simplicity.

Simplicity of principle is not directly and rigidly connected either with linguistic simplicity or with semantic or pragmatic simplicity. It does not indicate either the facility of the instruments of expression of a theory or the possibility that a theory

may be assimilated without effort or clarity of intuition. Here, however, we are dealing only with negative characterisations, only capable of telling us what simplicity of principle is not.

In order to provide a positive answer, let us examine some examples by way of illustration. Usually, when one speaks of simplicity, one assumes, as example, the comparison between the conceptions of Copernicus and of Ptolemy. And although recently, in literature devoted to the problems of the history of science, doubts have been expressed about the actual simplicity of Copernicus's conception, one cannot but point out that these doubts are aimed at an over-estimation of the degree of this simplicity rather than at the theory in itself, according to which, we repeat, Copernicus's theory should be considered as simpler (in a whole range of relations) than that of Ptolemy.
For this very reason I consider that I can risk making use of this example, all the more so in view of the fact that I am using it as a mere illustration and not for a scrupulous reconstruction of the actual course of knowledge.
So let us now turn to a comparison between the heliocentric and the geocentric theories. According to the latter, the Earth is at the centre of the planetary system and the Moon, the Sun and the planets rotate round it. However, associating this theory with the facts revealed by astronomical observations showed a progressively widening disagreement between the course of the planets, which was observed directly, and the orbits that had been predicted in theory. The motion of the planets was not circular but was found to be very complicated; the course was zig-zag, so to speak. For a time the planet followed its normal motion eastwards through the constellations; then it suddenly and inexplicably reversed its direction and began to move westwards, in what was called 'retrograde' movement. In order to make the geocentric system agree with the empirical facts it was necessary to introduce a new hypothesis into the system. It was supposed that the planets did not move directly round the Earth but rather revolved, describing a small circle (the epicycle), around a particular point on the circumference of a second rotating circle (the deferent), the centre of which coincided with the Earth's centre.
These hypotheses made it possible to explain in some way the apparent retrograde motions of the planets. Very soon, however, this theory too was found to be insufficient. So it was thought necessary to add a second or 'minor' epicycle to the one already introduced: in this way the motion of the planet was explained through a system of composite circles (minor epicycle on major epicycle on deferent), as shown in Fig. 1.

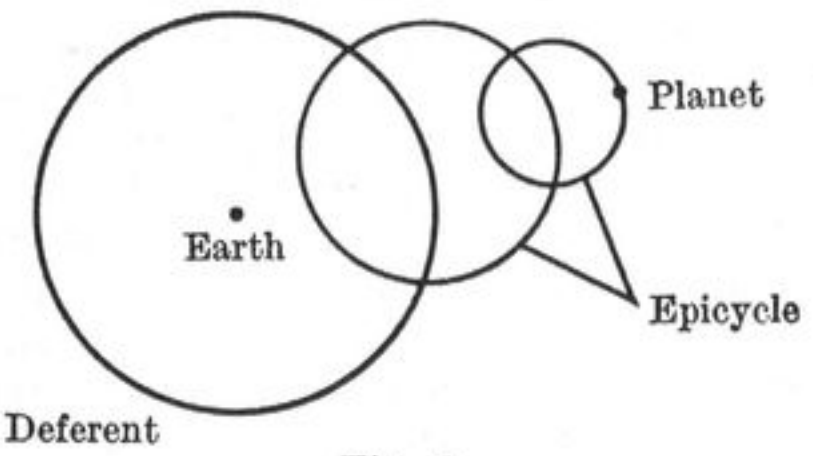


Fig. 1

In the case of certain planets it became necessary to introduce dozens of epicycles, the radii of which (like, in general, all the quantities of the system) had a completely arbitrary nature.
Recourse to such obviously arbitrary and contrived stratagems, clearly having the nature of an *ad hoc* assumption, carried the theory to such a degree of complexity — hard to justify and, above all, not resulting in any way from the fundamental thesis of the geocentric theory — as to reveal the overall artificiality of the theoretical system[5].

Copernicus's heliocentric theory, on the other hand, which placed the Sun at the centre of the system, did not need any recourse to expedients of this kind (even if, obviously, the actual story is far more com-

plex than this schematic behaviour that I have merely taken as an example. In fact, Copernicus was obliged to retain the circular orbits of the planets, as well as the epicycles, even if he was able to reduce these in number considerably). Later, Copernicus's theory underwent various alterations: it no longer had recourse to the epicycles and the orbits became elliptical. But these changes were the result of the development of the fundamental nuclei of Copernicus's conception and not the effect of the introduction of *ad hoc* hypotheses.

Here, in order to illustrate what I mean, I shall make use of an effective example adopted by B. Russell[6], though he used it with reference to a different subject. Let us assume that I record the number of taxis that I take (N) and the moments in time at which I take them (t). Mathematics assures me that, for all the taxis already taken, I can construct an analytical expression in which the number of taxis will appear as a function of the instant of time at which I have taken them: $N = f(t)$. The number of the taxi that I have just taken will not enter into this formula; but if I include it, together with the corresponding instant of time, in the initial data, it will be possible to modify the function f by incorporating in it particular corrective coefficients, new members, and so on (that is to say, by making use of suitable *ad hoc* hypotheses), in such a way that for every new number I can again construct an expression $N = f'(t)$. The defect in this procedure consists precisely in the fact that every time we are adapting the formula to the data available to us. Our 'theory' is not able to predict a single successive event, even if, through recourse to mathematical devices, it can be modified so as to include in itself *post factum* the event in question.

This 'model' makes it possible to reveal the association between the correctives and the methodological regulators considered. Our 'theory' is devoid of any character of generality, it is not able to predict any new event and, so as to make it correspond to the 'observational data', it must constantly vary its starting equation, by continually including in it new arbitrary assumptions: that is, it must continually surround itself with *ad hoc* postulations.

At this point we can try to give an initial definition of simplicity of principle: the simplicity of principle of a theory consists in its capacity to explain the fullest possible series of events, starting from relatively slender bases and without having recourse to arbitrary *ad hoc* assumptions. On the other hand, the complexity of a theory, which is to its disadvantage, consists in the presence of many artificial and arbitrary assumptions, which have no connection with its fundamental principles and therefore transform the theory as a whole into something *recherché* and very cumbersome.

Thus, by simplicity of principle of a theory one means the simplicity of its « nucleus » (I. V. Kuznecov), of its « fundamental theoretical design » (V. S. Stepin), of the « class of the basic theoretical postulates » (E. Nagel) and so forth: that is, simplicity in the sense of the smallest possible number of initial postulates corresponding to the fullest possible sequence of applications. In a certain sense the simplicity of principle of a theory is necessarily found to be connected with its complexity, though the latter is obviously understood in a different sense.

In any sufficiently developed theory there is a logical chain of a determined length, which, starting from the fundamental postulates of the same theory and through their specifications of various kinds, leads to the observational data. The more abstract the theory the longer this logical chain. To use the terminology coined by M. Bunge[7], it can be defined as the epistemological profundity of the theory.

And even if, obviously, epistemological profundity can be exactly determined and measured only in the case of rigorously axiomatised theories, it seems justified,

at least from the intuitive point of view, to relate it to another characteristic of the theory, which, following Einstein, we could call formal complexity of the theory. This dialectic of simplicity of principle and of formal complexity was suitably emphasised by A. Einstein and L. Infeld, who, in outlining the programme proposed by the general theory of relativity, stated: « In the course of scientific development there always arise new obstacles which lend an increasingly abstract nature to the theory... New links are continually being added to the logical chain that joins theory to observation. We have to be continually lengthening the chain if we want to clear superfluous and artificial suppositions from the path that leads from theory to experience and if we want to embrace an ever vaster domain of facts. The simpler and more fundamental our suppositions become, the more complicated become the mathematical workings of our reasoning. The way that leads from theory to observation becomes increasingly long and arduous »[8]. And again: « The equations of the new theory, from the formal point of view, are more complicated, but the underlying assumptions, from the point of view of the fundamental principles, are simpler »[9].

Let us now tackle the question of the objective *status* of simplicity of principle. As is known, a great variety of idealistic speculations have been put forward with regard to this last property; of these, one of the most highly accredited is E. Mach's principle of economy of thought, which he considers the corner-stone of his philosophical conceptions.

At the basis of the principle of economy of thought we find two sources. The first of these consists of a rather commonplace analogy with biology and economic science. Mach made no effort to hide this root; indeed, he explicitly maintained that he was led to its formulation by conversations with an economist on the problems of a correct management of economy. Where lies the secret of the latter, Mach asks himself, and he replies: in economics one makes use of all the means and instruments available. Science too does something of this kind. It confines itself to describing a multitude of facts in the most economical way. According to Mach, the laws of nature are therefore nothing but a mere economical description of the facts. Galileo's law and the table of values of the trajectory and instants of time of a body in free fall are the same thing. For this reason, Mach thinks he can reduce the whole enigmatic power of science to economic systematisation. The second source of the principle of economy is represented by simplicity, which, though actually inherent in scientific theories, has been absolutised by Mach. In fact, this simplicity, in consequence of the truth of the theory, has been transformed by Mach into a cause of this truth, similar to the process set off by pragmatism, which has transformed the practical value of theories from an effect of their truth into a cause of it.

According to a materialist, if a theory is objectively true it can only be confirmed and verified by practice and it cannot but be successful in its practical application. The pragmatist, on the contrary, maintains that a theory is true through the fact that it proves to be productive in its applications. That is to say, success is what makes a theory true. The same thing occurs with the simplicity of the theory. We think that a theory is simple through the fact that it is true. According to Mach, however, it is precisely the simplicity that makes a theory true. Indeed, according to him, the truth of a theory actually boils down to its simplicity, so that the latter can readily take the place of the former; from a specific 'indicator' of truth, simplicity thus comes to assume the role of its embodiment.

If we go back for a moment to the comparison between Ptolemy's theory and that of Copernicus, as presented above, Mach's opposition to materialism can be illustrated in the following way.

Copernicus's theory is undoubtedly simple,

if compared with Ptolemy's complex and cumbersome system. A materialist maintains that Copernicus's theory is simple because it is true. For a disciple of Mach, however, both Copernicus's and Ptolemy's theories are nothing but creations, in different stages, of human intelligence, and are aimed at the systemisation of the available facts. Ptolemy's theory reaches this result by following an excessively tortuous and complex procedure, which is not economical, and this is the very reason that prompts us to reject it. Copernicus's theory achieves the above-mentioned purpose in a far simpler and more economical way, and it is for this very reason that we consider it to be true, this latter term being taken to mean its simplicity and nothing else.

Hence the principle of economy of thought is one that is clearly subjectivistic. In fact, it prompts us to conclude that the simplicity of a theory does not spring from any objective foundation but exclusively from the peculiarities of the subject. This subjectivistic nature of the principle of economy has been clearly shown by Lenin in *Materialism and Empiriocriticism*, so I will confine myself here to emphasizing how Lenin actually criticised the *subjectivistic* principle of economy of thought and not the property of simplicity of scientific conceptions as such. He quotes the following assertion made by Mach: « The 'complete and simplest description' (Kirchhoff, 1874), the 'economical representation of the facts' (Mach, 1872), as well as the 'concordance of thought with being and the concordance of thought processes with one another' (Grassmann, 1844) express the same thought with small variations »[10]. Regarding this assertion, Lenin observes: « Is this not a model of confusion? 'Economy of thought'... is placed on the same plane as the simplest *description* (of *objective reality*, the existence of which Kirchhoff has never doubted!) »[11]. As may be seen, the *simplest description*, if one assumes that it is a description of objective reality, prompts no objections on the part of Lenin. His criticism is aimed at 'economy of thought', understood as an initial criterion enabling us to assert the existence of sensations alone. In Lenin's opinion, therefore, the principle of simplicity in itself is not of an idealistic nature: it is its particular interpretation that may have this nature. But the principle in question can also be understood in a materialistic sense, so that it is not so much a question of the simplicity of scientific conceptions, taken in itself, as of the source of the simplicity and the way of understanding and presenting this source.

In the XVII and XVIII centuries there was the dominant conviction among scientists that nature was something absolutely simple: hence simplicity was understood in the sense of the presence of a limited number of ultimate and indivisible substances, starting from which all the rest could be deduced and obtained univocally. This conviction was obviously metaphysical and, as a rule, it found expression in the idea of the mechanical nature of all the events that occur. But at the end of the XIX century this faith in the absolute simplicity of nature began to waver considerably, with the consequence that also the idea of the absolute and universal value of mechanics began to be affected.

A meticulous and precise analyst such as H. Poincaré, at the end of the XIX century, rightly observed: « *Il y a un demi-siècle on le confessait franchement et on proclamait que la nature aime la simplicité; elle nous a donné depuis trop de démentis. Aujourd'hui on n'avoue plus cette tendance et on n'en conserve que ce qui est indispensable pour que la science ne devienne pas impossible* »[12]. The conception of an ontological simplicity, understood as an intrinsic characteristic of nature, as an attribute of what exists objectively at the present time, has been almost entirely discredited. Indeed, it may be stated that if, in any sense whatever, one has to attribute to real processes the property of simplicity or that of complexity, it would rather be necessary to speak of objective complexity and hence give

preference to the conception that makes reference to the latter.
In this respect it will suffice to refer to cybernetics and the theory of information, which consider complexity as an objective characteristic of systems. It is appropriate here to recall J. Von Neumann[13], who proposed the concept of complexity as the basis of the theory of automata and the problem of the 'auto-reproduction' of machines. To this line of thought also belong the ideas stated by I. A. Akčurin[14] regarding the inevitable increase in information complexity of the abstract mathematical spaces necessary for the description of objects of increasing complexity with which knowledge has to deal.

All this, however, does not mean that theory too should be complex, through the fact that such is its object. On the contrary, it may be maintained that our theoretical constructions must possess a *gnoseological* characteristic such as simplicity of principle, precisely in order to be able to compete with the complexity of the real world.
The simplicity of principle of theoretical conceptions, through the very fact of being a gnoseological characteristic, should obviously have objective foundations, and, in my opinion, it is possible to reveal two (inter-connected) aspects of these foundations.
The first aspect is connected with the circumstance — certainly a commonplace one for materialism, but ignored by the neo-positivistic tradition — that theory has an intrinsic content of objective truth. The problem of simplicity of principle (obviously, within the sphere of the materialistic tradition) cannot and must not be intentionally separated from the problem of objective truth; on the contrary, it must be analysed in close an indissoluble connection with the latter.
From this point of view the question of the source of the simplicity of principle of a theory becomes entirely transparent: the source, the foundation of the simplicity of principle of a theory, is represented by the objective truth of the latter. The more a theory 'approximates' to objective truth and the more moments of this truth it contains in itself, the 'greater' is the simplicity of principle it possesses. I am perfectly aware of the fact that the formulation just given does not simplify the situation at all. The term 'approximates' and 'greater' have been placed between inverted commas for the very reason that in this context they have an exclusively intuitive meaning: the degree of 'approximation' of a theory to objective truth or the degree of simplicity of principle are nothing but qualitative characteristics that allow no quantitative determination.
Theories are not passive representations of reality as such, they are rather free creations of human intelligence. All this is true. It must therefore be stated that the formulation given above merely captures the essential (it is true that it could be expressed in a more accurate form, but this is already a different problem). If we concede, with a certain boldness, an analogy of a mathematical type, it could be stated that the formulation in question constitutes the first harmonic of the « Fourier series development of simplicity of principle »: that is, it provides a first, summary and rough approximation, but an important one. Why things should be so becomes clear if we remember the definition of simplicity of principle. In order to agree with the observed data, an inadequate theory will continually have to incorporate into its texture various *ad hoc* assumptions, different additional extraneous elements, which make it lose that simplicity of principle that it might have possessed initially. A true theory is — to make use of an expression offered by Engels, formulated it is true with reference to a different subject — « simply an understanding of nature as it is, without extraneous additions of any kind »[15]. It is precisely in this absence of « extraneous additions of any kind » that lies the simplicity of principle of a theory.

The second objective foundation of sim-

plicity of principle is connected with the hierarchical structure of reality, consisting in the fact that underlying the variety of the phenomena there is always a basis common to them all, which finds expression in the fundamental postulation of the theory[16]. These fundamental postulates, which constitute the laws, are always simpler than the phenomena to which they refer, if only in the sense (banal, but non the less important) that a theory that confined itself merely to providing a complete recording of all the phenomena that it concerns would have no value or meaning. « Obviously, the value of a theory lies in its property of being simpler than a mere recording of observations »[17]. In this respect it must be remembered that no theory is able to attain the 'ultimate' degrees of the above-mentioned hierarchy for the simple reason that these ultimate degrees do not exist at all; « the electron is no less *inexhaustible* than the atom; nature is infinite »[18].

The progress of science through the degrees of the hierarchy discovers the simple beneath the complex and the complex beneath the simple. For this reason there is no need to seek to trace an imaginary ultimate instance. Dialectics denies that there may in general exist an instance of this fact and teaches us that the essence of things is inexhaustible, that the 'ultimate substance' is nothing but a metaphysical fiction. The dialectics of knowledge are such as to reveal, behind the complex interweaving of phenomena, the laws that determine them. These laws, in principle, are always simpler than the form of their discovery. But they are not the expression of some ultimate substance. Behind them science discovers phenomena that are no less complex, which in turn lead to the discovery of the new and more profound laws that determine them, and so on *ad infinitum*. The simplicity of scientific conceptions does not spring from subjective foundations (based, for example, on the conjecture that, without postulating simplicity, science itself would be impossible) but from the objective unity of phenomena of different kinds, a unity that finds expression in their subjection and dependence upon certain general laws. The task of science consists, in fact, in the discovery of these general laws and in relating the multiplicity of phenomena to the laws that determine them.

The fact that, in the course of the further development of knowledge, these laws are seen to be more complex than had appeared at first does not alter the main point of the question. At this juncture, the task of science will not be to confine itself to the mere verification of this complexity *per se*; it will rather consist in relating it to still more profound laws, which express a still more profound unity and a still more profound element of union of phenomena that had previously appeared entirely heterogeneous.

And so the simplicity of principle of theories does not spring from our peculiarities as subjects of knowledge but is determined by the objective structure of the world, by the unity of different phenomena — a unity that is revealed in a concrete manner in the possibility of subordinating them to certain general laws in relation to them. In that consists the second aspect of the objective foundations of the simplicity of scientific conceptions.

We have seen that the simplicity of principle of a theory is connected with its objective truth and that consideration of this connection is extremely important for solving the problem of the nature of simplicity. But in order to solve another question that is no less important — that is to say, that concerning the heuristic and criterial functions of the principle of simplicity — we must have recourse to a different approach. In fact, to try to turn from the objective truth of a theory to its simplicity is wholly senseless, since, once having ascertained that a theory is true, there would be no need to assess its simplicity. But the fact is that, both in the period of construction of the theory and for a greater or lesser time afterwards, we are not in a condition to solve the problem of its truth. In these situations the principle of simplicity is

called upon to exercise an important role. In the first place it must be pointed out that the principle of simplicity can never be referred to a theory taken by itself, separately: it always presupposes a comparative assessment of different theories in competition with one another (that is, theories concerning the same dominion of objects). Also in those cases in which it would seem that it is a question of determining the simplicity of principle of a single theory, there nevertheless always exists, even if in a form that is not clear and obvious, a relation of its own and hence the problem of a comparison between it and a basic theory (which, if so desired, can be reconstructed).

In the second place, the theoretical constructions that are compared with one another from the aspect of simplicity must be equivalent from the empirical point of view. If this condition does not exist, any theory could become as simple as one wished, since it would not be necessary to introduce into it any *ad hoc* hypothesis, intended to guarantee its agreement with the empirical data[19]. It is understood that this need for empirical equivalence cannot be made absolute; two theories that have developed in competition with each other are often found to be only approximately equivalent (one of them, for example, may be in agreement with the data C_1 and in disagreement with the data C_2, while for the other the contrary may be the case). Yet with all the reservations and restrictions that may be imposed, it is necessary that the theories to be compared shall be empirically equivalent (even if only approximately).

In the third place, simplicity of principle may be seen as something that develops: that is, which has not a static but a dynamic nature. The theory of the dynamic nature of simplicity of principle certainly cannot be presented as something new and original, since it has been announced, more or less briefly, by various authors. I shall refer to two of them.

« If we seek the decisive foundation that has prompted an effectively preference for certain specific theories on account of their simplicity, we find that it is neither of the economic type (a saving of time or effort) nor of the aesthetic type (beauty, elegance) but rather what has often been defined as the *dynamic* basis. This means that preference has been given to the theory that made science more dynamic: that is to say, more suited to expansion in the field of the unknown »[20].

« Between the two theories, both of which explain a determined dominion of phenomena, the true one must necessarily be simpler than the false one. Even the latter may explain this or that set of facts, but, in order to do so, it will be necessary to have recourse to a number of arbitrary assumptions. A false conception is static; as ever newer aspects are discovered in the domain being studied, it will therefore have to introduce ever newer extraneous principles: it cannot deduce the latter from the initial assumptions. A true theory, on the contrary, is *dynamic* and capable of development: it is able to explain new aspects, either starting from its initial assumptions or by adding to them not extraneous hypotheses but rather correctives aimed at giving greater precision »[21].

Similar opinions have also been stated by G. Schlesinger[22]. The acquisition — in the course of the development and elaboration of one of the hypotheses that initially appeared equally simple — of a greater simplicity with respect to its competitors is defined by him as a criterion of dynamic simplicity: in order to formulate this simplicity, Schlesinger undertakes a detailed and circumstantiated analysis.

The substance of dynamic simplicity may be roughly explained in the following terms. Let us assume that we have two competing theories T_1 and T_2, which, at a particular instant, seem to have the same possibilities of success, in the sense that they appear to be equally well confirmed and equally simple. Let us suppose that in the subsequent stage new data (C_1) are obtained, with

which T_1 is in agreement and T_2 is in disagreement. In an attempt to eliminate this conflict, the upholders of T_2 will then have recourse to some new hypothesis h_1. It follows that, in this second stage, what are in conflict are theories T_1 and $T_2 h_1$. Continuing, let us suppose that, in a third stage, we come up against new data (C_2), which once more agree with T_1 but are incompatible with $T_2 h_1$. The latter will then be subjected to a further modification, from which will emerge a different theory $T_2 h_1 h_2$, and so on. Hence, in the course of this development, it is only theory T_1 that preserves its fundamental structure; the second theory is progressively surrounded by auxiliary hypotheses that have transformed it into $T_2 h_1 h_2 \dots h_n$. A development of this kind shows that T_2 has lost its original simplicity and, in consequence, also any possibility of 'survival'. In this way it may be shown that, in the course of the development of knowledge within a series of theories that originally presented more or less the same simplicity, there emerges one (T_1 in our example) characterised by the smallest possible number of extraneous arbitrary hypotheses and, consequently, endowed with greater simplicity of principle. If one tries, from this stage, to cast a glance towards the future — that is to say, towards the stage in which it will be possible to establish which of the competing theories will be taken as the true one, it may be said that it is, in fact, T_1 that will have the best prospects of being this theory, for the very fact that it appears at the moment as the most simple. If we mentally move ahead to this future stage and from there cast a glance back at the situation that has come about, we shall be able to say that T_1 contains, to the highest degree, a moment of objective truth, and for this very reason it is the simplest.

In the sphere of our epistemological and methodological production, the conception of dynamic simplicity is subjected to somewhat conflicting assessments. E. A. Mamčur, for example, maintains that «Schlesinger's conception is closest to the idea of simplicity that may be encountered in the assertions of well-known scientists and undoubtedly 'captures' an important tendency in the development of scientific knowledge »[23]. I. P. Merkulov adopts a more critical attitude; he thinks that « the conception of 'dynamic simplicity' refers only to forecasts of an analytical type »[24]. From what has been said above, it should be clear that I incline towards the former assessment. In this respect, it seems to me that Merkulov's opinion is based on an ambiguity. In substance, a forecast of a synthetical type is recorded in concomitance with the construction of a new theory. It is obvious that dynamic simplicity is not able to tell us anything, directly, about the method to be followed for constructing new theories. But as soon as the new theory has come to light (forecast of the synthetical type) in the actual struggle for survival with the already existing theories, it either will or will not be able to satisfy the criterion of dynamic simplicity.

With simplicity of principle are connected various more specific and particular indicators, which border upon it and are closely associated with it. In this respect we may quote, in the first place, *Reichenbach's principle* or the *principle of elimination of universal effects*. The substance of this principle can be expounded as follows[25]. First of all it is necessary to make a distinction between differential effects and universal effects. « If an effect is different with respect to different substances it is a *differential effect;* if it is quantitatively the same, apart from the nature of the substance, it is a *universal effect* »[26]. An example of a differential effect is provided by the heat expansion of a rod:

$$l = l_0 [1 + \beta (T - T_0)]$$

An example of a universal effect, on the other hand, is provided by the contraction of the same rod in the gravitational field generated by a body of mass m at a distance r:

$$l = l_0 \left(1 - c \frac{m}{r} \cos^2 \varphi\right)$$

where c is a universal constant and φ is the angle between the rod and the straight line joining the centre of the rod and the source of the field.

This second effect is of a universal nature because the constant c does not vary according to the substance of which the rod is made and because in the formula there are no parameters that vary from substance to substance. (In the first formula, β, the coefficient of thermal expansion, is a constant only for all bodies of the same substance and has different values for different substances. If this were not the case — that is to say, if the coefficient β were identical for all substances — heat expansion would be a universal effect).

Reichenbach formulated his principle of elimination of universal effects by analysing the peculiarities of the general theory of relativity in the light of the choice between the way followed by Einstein (modifying the geometry by retaining the laws of physics) and that followed by Poincaré (retaining the geometry by changing the laws of physics).

I am not able here to examine this great and complex problem in detail; hence I will confine myself to trying to clarify the main point of the question by making use of the following example[27].

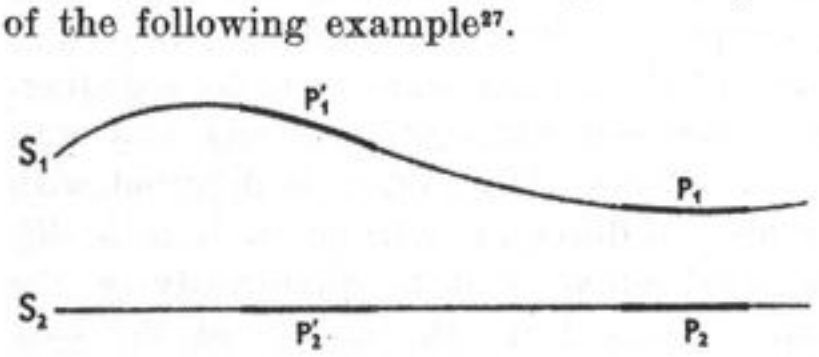


Fig. 2

Let us imagine a two-dimensional world, depicted in profile by the surface S_1, which serves us as a model of a non-Euclidean plane. In this world live two-dimensional creatures who operate rigid rods that they can move along their surface.

S_2, on the other hand, represents the well-known Euclidean plane. In order to describe the motion of the rod from the position P' to the position P, use can be made of the language of non-Euclidean geometry T_1, assumed by physicists in S_1, or the language used can be that of Euclidean geometry T_2, which holds in S_2. If the event is described in language T_1, the rod does not contract, but the geometry of the world will be non-Euclidean. If, on the other hand, language T_2 is used, the world will be Euclidean, but the rod in position P_2 will have undergone a contraction (in fact, the formula given above also expresses this contraction). Physicists can therefore choose language T_2, and in that case they must modify the laws of mechanics and optics; or else they can retain these laws and will then have to replace the language of Euclidean geometry T_2 by that of non-Euclidean geometry T_1.

In fact, the choice between these alternatives can be made with the aid of the principle of elimination of universal effects. This was the way followed by Einstein, who, by having recourse to a suitable non-Euclidean space-time system, avoided the need to speak of a universal effect of contraction and expansion of bodies in gravitational fields.

The following formulation of Reichenbach's principle can be given: «Whenever there is a system of physics in which a certain universal effect is described by a law that specifies in what condition and to what degree the effect occurs, the relative theory should be transformed in such a way as to reduce the extent of the effect to zero... Every time universal effects are found in physics... it is always possible to eliminate them with a suitable transformation of the theory. These transformations should be made with consideration of the advantages that result from them from the point of view of overall simplicity »[28].

Carnap shows great appreciation of Reichenbach's principle; in fact, he observes that this principle may be found advantageous also in new situations « that may occur in the future, when other universal ef-

fects are discovered »[29]. Obviously, this assessment does not give rise to controversies or too many doubts, since it is also made by other methodologists[30].

Another important regulator, which, in my opinion, is also connected with the property of simplicity of principle of theoretical constructions, is R. Feynman's principle, the principle of the *variety of possible equivalent interpretative designs*[31]. The fact that Feynman continually has recourse to this principle shows that it is not a mere casual whim on the part of the eminent physicist and that one should at least reflect upon this theoretical proposal of his. Underlying the formulation of Feynman's principle is the well-known fact of the presence of many fundamental laws and theories in the science of formulations that are equivalent from the mathematical aspect[32]. For example, we can cite the case of the formalism of Heisenberg (the mechanics of matrices), of Schrödinger (wave mechanics) and of Feynman, all three relative to quantum mechanics and equivalent from the mathematical point of view. Electro-dynamics, in its turn, can be constructed on the basis of Maxwell's differential equations and on that of the principles of minimum action without recourse to fields. Classical mechanics assumes the equivalent formulations of Newton, Lagrange and Jacobi-Hamilton. The law of universal gravitation can be written in Newtonian form, in the form of Poisson's equation and by means of the 'minimum' principle.

In this variety and plurality of formulations, is there some meaning behind it all? Feynman shows that in actual fact there is.

He takes his cue from the description of certain peculiarities of the development of physics and emphasises that between the two ways, the 'Babylonian' one (different theories are known, and many relations between them, but there exists no single axiomatic system) and the 'Greek' one (there is a system of axioms that also claims to be the only possible one), the former is preferable to a physicist. And this is the reason why.

Physics is a substantially incomplete science. « One day, when physics is complete and we know all the laws, perhaps we shall be able to begin with the axioms, and undoubtedly someone will study a particular way of doing it so that everything may be deduced »[33]. For now, however, things are not like this; the fundamental task of physics is to seek for new laws yet unknown. We are not able to deduce them from anything, since we do not have at our disposal a complete system of axioms, so that we can only conjecture, and in this attempt to 'guess' what the new laws may be, a fundamental factor is the guiding role that can be played by the different equivalent formulations of already known laws. Feynman explains the whole scope and importance of the above role through a use of the example of the equivalent formulations of the law of gravity. From the point of view of the experimental consequences these formulations are equivalent; « psychologically, however, they are very different in two aspects. First, from the philosophical point of view, we like them or we do not like them, and practice is the only way to combat this complaint. Secondly, psychologically[34], they are different because they are not at all equivalent when you take them as a starting point for guessing at new laws »[35]. Further on, Feynman tries to explain the significance of this assertion of his by reference to the example of the formulation, by Einstein, of the general theory of relativity, where « Newton's method of describing physics is totally inadequate and enormously complicated, whereas the field method is clear and simple, as is also the principle of 'minimum'. But we cannot yet choose between these last two »[36].

The presence of certain equivalent descriptions vastly extends our heuristic possibilities. In addition, the multiplicity of equivalent formulations serves as a particular kind of mark of recognition for

identifying the truly fundamental laws of nature. Actually, if one takes the equivalent formulations of the law of gravitation (Newton's law, the local field method, the principle of minimum) one sees how they possess an interesting property. If Newton's law did not include the square of the distance, the local field method could not be proposed: if force were proportional not to acceleration but, let us say, to velocity, the principle of minimum would become impossible. It is sufficient to modify the known laws for the number of possible formulations to be appreciably reduced.
In other words: « ... the laws of physics can be expressed in... a great number of ways »[37].
In my opinion, this state of affairs can be defined as *Feynman's principle* or the *principle of multiplicity and variety of equivalent formulations.*
In stating it, Feynman has obviously drawn on his extensive personal experience. In his 'Nobel lecture', in referring to the way by which he arrived at the foundation of quantum electro-dynamics, he particularly emphasised the enormous part that had been played in this process by the use of the principle of multiplicity of equivalent formulations.

Feynman honestly states that he does not know what is the deep underlying basis of this principle. «It has always seemed strange to me that the most fundamental laws of physics, after their discovery, nevertheless admit such an incredible multiplicity of formulations »[38]. Notwithstanding, he puts forward a theory which, in my opinion, is not devoid of foundation and relates his principle to the concept of simplicity.
« It seems to me that the simplicity of nature is somehow reflected here... I do not know what significance I should find in this aspiration of nature to choose such curious and interesting forms, but perhaps it is precisely in this that the definition of simplicity consists. Hence it may be that a thing is simple only in the case where it may be characterised and described completely only by having recourse to different methods of description, without yet knowing that one is actually speaking of one and the same reality »[39].

L. B. B.

Translation: J. LUBBOCK - TONBRIDGE (ENGLAND)

BIBLIOGRAPHY AND NOTES

1 As regards Soviet literature on the subject, it is possible, obviously without claiming to give a complete survey, to cite the following works (in chronological order): L. B. BAZENOV, *Osnovnye voprosoy teorii gipotezy* (Fundamental questions in the theory of hypotheses), Moscow, 1971; V. N. KOSTIUK, *Rol' principa prostoty v estestvennonaucnyh teorijah* (The role of the principle of simplicity in scientific theories), in 'Voprosy filosofii', 1964, no. 5; A. K. SUHOTIN, *Marksizm i pozitivizm o kriterii prostoty v postroenii naucnogo znanija* (Marxism and positivism on the criterion of simplicity in the construction of scientific knowledge), in 'Ucenye zapiski Tomskogo Universiteta' (Reports of Tomsk University), 1964, no. 52; A. I. UEMOV, *Problema postroenija obscej teorii uproscenija naucnyh znanij* (The problem of the construction of a general theory for the simplification of scientific knowledge), in *Logika i metodologija nauki* (Logic and methodology of science), Moscow, 1967; I. V. KUZNECOV, *Preemstvennost', edinstvo i minimizacija znanija-Fundamental'nye certy naucnogo metoda* (Continuity, unity and minimisation of knowledge - fundamental characteristics of the scientific method), in *Materialisticeskaja dialektika i metody estestvennyh nauk* (Materialistic dialectics and the methods of the natural sciences), Moscow, 1968; E. E. LEDNIKOV, *Problema konstruktov v analize naucnyk teorij* (The problem of constructions in the analysis of scientific theories), Kazan, 1969; E. A. MAMCUR, *Leninskoe ponimanie poznanija i problema evristicéskoj prostoty* (The Lenin conception of knowledge and the problem of heuristic simplicity), in 'Voprosy filosofii', 1969, no. 10; E. A. MAMCUR, *Problema vybora teorii* (The problem of the choice of theory), Moscow, 1975; I. P. MERKULOV, *K analizu ponjatija « dinamiceskoj prostoty »* (For an analysis of the concept of « dynamic simplicity »), in *Filosofija, Metodologija, Nauka* (Philosophy, Methodology, Science), Moscow, 1977.
2 PH. FRANK, *Filosofija nauki* (Philosophy of Science), Moscow, 1960, p. 514.
3 *Ibid.*, p. 515.
4 *Ibid.*, p. 516.
5 In this respect, mention may be made of a well-known historical anecdote. The Infanta of Spain (the future king Alfonso X the Wise), after studying Ptolemy's system, observed wittily that if God, at the moment of the creation of the world, had asked him for advice, he would have urged Him to construct it in the simplest way.
6 Cf. B. RUSSELL, *Human Knowledge* (Russian edition, Moscow, 1957, p. 347).
7 Cf. M. BUNGE, *Myth of Simplicity*, New York, 1963, p. 11.
8 Cf. A. EINSTEIN-L. INFELD, *The Evolution of Physics*, Torino, Boringhieri, 1965, p. 223.
9 *Ibid.*, pp. 247-248.
10 Cf. LENIN, *Materialism and Empiriocriticism*, Editori Riuniti, Roma, 1970, p. 167.

11 *Ibid.*, pp. 167, 168.

12 Cf. H. POINCARÉ, *La science et l'hypothèse*, Flammarion, Paris, 1968, p. 145.

13 Cf. J. VON NEUMANN, *Theory of Self-reproducing Automata*, 1966.

14 Cf. I. A. AKCURIN, *Teorija elementarnyh castic i teorija informacii* (Theory of elementary particles and theory of information), in *Filosofskie problemy fiziki elementarnyh castic* (Philosophical problems of the physics of elementary particles), Moscow, 1960.

15 Cf. K. MARX and F. ENGELS, *Socinenija* (Works), Vol. 20, p. 513.

16 I feel it is not important to point out here that we come to know this structure only through our theories and that our concrete ideas on it are, in a certain sense, only the result of the 'projection onto reality' of the hierarchical structure of the theory.

17 Cf. PH. FRANK, *Philosophy of Science*, op. cit., p. 515.

18 Cf. LENIN, *Materialism and Empiriocriticism*, op. cit., p. 257.

19 Ignorance of the need for empirical equivalence lies at the root of obvious ambiguities that crop up whenever non-equivalent theories are compared. Let us take, for example, the Newtonian theory of gravitation (in the sphere of its domain and competence) and the general theory of relativity (of which the domain of objects includes also the Newtonian sphere, and it may be concluded that the former is the simpler of the two. This procedure is obviously illegitimate. In fact, as soon as we try to extend the Newtonian theory also to the new domain of phenomena we discover how it is obliged to surround itself with a forest of *ad hoc* hypotheses.

20 Cf. PH. FRANK, *Philosophy of Science*, op. cit., pp. 513, 514 (The italics are mine. L. B.).

21 Cf. L. B. BAŽENOV, *Osnovnye voprosy teorii gipotezy* (Fundamental questions in the theory of hypotheses), op. cit., p. 24.

22 Cf. G. SCHLESINGER, *Method in the Physical Sciences*, London, New York, 1963, pp. 8-44.

23 Cf. E. A. MAMCUR, *The Problem of the choice of theory*, op. cit., p. 135.

24 I. P. MERKULOV, *For an analysis of the concept of «dynamic simplicity»*, op. cit., p. 191.

25 An admirable account of this principle is given by R. CARNAP in *I fondamenti filosofici della fisica* (The philosophical foundations of physics), Il Saggiatore, Milano, 1966, pp. 210-213.

26 Cf. R. CARNAP, *The philosophical foundations of physics*, op. cit., p. 210.

27 *Ibid.*, pp. 181-185 and 193-198.

28 *Ibid.*, pp. 212, 213.

29 *Ibidem.*

30 See, for example, E. A. MAMCUR, *The Problem of the Choice of Theory*, op. cit., pp. 140-150, where the author gives an account of Reichenbach's principle, together with various examples of its efficacy.

31 Cf. R. FEYNMAN, *La legge fisica* (The physical law), Boringhieri, Torino, 1971, p. 60. The problem of equivalent descriptions is fully covered by H. REICHENBACH in *Filosofia dello spazio e del tempo* (Philosophy of space and time), Feltrinelli, Milano, 1977. As regards the Soviet Union, it is analysed in various works, including the following: E. I. FOKIN, *Problema mnozestvennosti ekvivalentnyh opisanij* (The problem of the plurality of equivalent descriptions), in 'Voprosy filosofii', 1972, no. 4; V. K. ZOLOTAREV, *K voprosu ob ekvivalentnyh opisanijah v fizike* (Regarding the question of equivalent descriptions in physics), in *Nekotorye filosofskie voprosy sovremennogo estestvoznanija* (Some philosophical problems of present-day natural science), Moscow, 1974. As will appear obvious later, I am interested in only one aspect of this problem, which is why I do not claim to give a complete analysis of it.

32 On the role of the axiomatic method in physics, cf. M. E. OMELYANOVSKIJ, *Dialektika v sovremennoj fizike* (The dialectics of present-day physics), Chap. X, where the author observes, in this respect, that «Feynman's observations and appraisals on the axiomatic method... should be taken *cum grano salis*» (p. 294).

33 Cf. R. FEYNMAN, *La legge fisica* (The physical law), op cit., p. 54.

34 It would be better to say 'heuristically', instead of 'psychologically' (L. B.).

35 Cf. FEYNMAN, op. cit., p. 59.

36 *Ibid.*, pp. 59, 60.

37 *Ibid.*, p. 61.

38 Cf. R. FEYNMAN, *Nobel Lectures.*

39 *Ibidem.*

The Neutral Theory of Molecular Evolution and Polymorphism

MOTOO KIMURA
National Institute of Genetics, Mishima (Japan)

I INTRODUCTION

For many years, studies of evolution were concerned only with the visible structures of organisms, such as birds' wings, giraffes' necks, horses' teeth and the like, and their functions. The guiding principle by which evolutionary changes in such phenotypes were interpreted was Darwin's theory of natural selection, or the survival of the fittest. There was however, no way of knowing how the structure of the genetic material itself changed in the course of evolution.

With the advent of molecular biology this has changed. It became possible, through comparative studies of amino acid sequences of homologous proteins among related organisms (such as comparisons of hemoglobins among vertebrates) and the use of paleontological data, to estimate the evolutionary rates of amino acid substitutions (*Zuckerkandl and Pauling 1965*). This enabled us to estimate the evolutionary rates of nucleotide substitutions inside the genes. These rates could then be extrapolated to the whole DNA content of the organisms. The resulting figure was very high, suggesting that the rate at which mutations accumulate in a species in the course of evolution is much higher than previously thought (*Kimura 1968a*). The development of new electrophoretic techniques has enabled us to detect enzyme variability among individuals rapidly, and these studies have disclosed a wealth of polymorphic variations at the enzyme level in many organisms, suggesting that genetic variability is much higher than previously presumed (*Harris 1966*, *Lewontin* and *Hubby 1966*).

All these new developments brought us many fascinating observations and at the same time some puzzling questions. The neutral theory of molecular evolution and polymorphism which I proposed in 1968 was an attempt to answer these questions. To my surprise, rather than settling the issues the theory has aroused heated discussion, although in my opinion supporting evidence for it has accumulated gradually. The history of biology will remember the last decade as one of the more turbulent epochs through which the study of evolution has proceeded.

II DEVELOPMENT OF THE NEUTRAL THEORY AND RESULTING CONTROVERSY

Before molecular data became available, it looked as if the neo-Darwinian view had been firmly established. According to this view, the rate and direction of evolution are determined almost exclusively by positive natural selection, with random genetic drift (i.e. chance fluctuation of gene frequencies) playing only a very minor and subsidiary role.

The picture of evolutionary change that has emerged from molecular studies, however, appears to be incompatible with such a view. Among the salient features disclosed are the approximate uniformity of the rates of amino acid substitutions per year for each protein among diverse lineages, the apparent randomness in the pattern of substitutions, and the very high overall rate amounting to at least one mutant nucleotide substitution per genome every two years when extrapolated to the haploid DNA material of mammals. This estimated rate per genome per year turned out to be several hundreds times higher for mammals than the famous estimate made earlier by *Haldane* (*1957*). Haldane's estimate was based on his well-considered concept of the « cost of natural selection », that at the standard rate of evolution new genes might be substituted in the species at the average rate of once every 300 generations.

Turning now to the problem of extant genetic variability within species, new observations were also remarkable. Namely, electrophoretic studies suddenly disclosed a wealth of genetic variability showing high incidence of molecular polymorphisms in a large fraction of loci in diverse organisms. However, these polymorphisms were accompanyed by no visible phenotypic effects and no obvious correlation with environmental conditions. If these were generally maintained by overdominance (heterozygote advantage) at individual loci, it seemed to me that the total amount of genetic load (i.e. selective deaths) involved must be intolerably large for higher organisms.

These fascinating but puzzling observations suggested to me during 1967 that a majority of nucleotide substitutions in the course of evolution must be the result of random fixation of selectively neutral or nearly neutral mutations rather than positive Darwinian selection, and that many of the enzyme polymorphisms are selectively neutral and maintained by the balance between mutational input and random extinction. I presented this thesis at the Genetics Club Meeting in Fukuoka in November 1967, and also submitted a short paper to *Nature* in December, which was published in February next year (*Kimura 1968a*). Then, in 1969 a very strong support to my thesis, particularly with respect to molecular evolution, came with the publication of the paper entitled « Non-Darwinian Evolution » by *King* and *Jukes* (*1969*) who conceived the same idea independently and who corroborated their idea with a wealth of cogent data from molecular biology. I would like to point out here that whereas *King* and *Jukes* (*1969*) paid little attention to protein polymorphisms, my neutral theory is equally concerned with explaining

this phenomenon. In fact, in one (*Kimura 1968b*) of my two papers on the neutral theory published in 1968, I presented a detailed mathematical treatment of the maintenance of genetic variability in a finite population due to mutational production of neutral and nearly neutral isoalleles. These papers marked the beginning of a controversy which has grown a great deal since then and which is still continuing today. The pros and cons of the neutral theory (or more precisely, the neutral mutation random drift hypothesis) have been debated in various scientific meetings and publications (see for example, Trends in Biochemical Sciences 1: N152-N154). The confrontation between the 'neutralists' and 'selectionists' has also been ably documented by *Crow* (*1972*), *Calder* (*1973*) and *Lewontin* (*1974*). An excellent book treating the problems of molecular evolution and polymorphism from the standpoint of theoretical population genetics has been published by *Nei* (*1975*). Among more recent publications, the book edited by *Ayala* (*1976*) contains some interesting articles on the subject, together with other articles of mixed quality. The essence of the selectionist's claim is that practically all evolutionary amino acid and nucleotide substitutions are due to positive Darwinian selection. In other words, such changes would spread through the species only because of their advantageous effects on the survival and reproduction of organisms possessing them.

I would like to emphasize that neutralists and selectionists have generally shared the same view regarding the prevalence of negative selection; both agree that deleterious mutations are numerous and these mutants tend to be eliminated by negative selection, contributing almost nothing either to polymorphism or to molecular evolution. One important exception to this general view is the theory of *Ohta* (*1973, 1974*) which claims that mutants with very slightly deleterious effects are common and that under mutational pressure such mutants contribute significantly to both molecular polymorphism and evolution. It is unfortunate that a single word 'selection' is often used without specifying which type of selection (either positive or negative) is involved and that the existence of negative selection is used to refute the neutral theory.

III NOTE ON RANDOM GENETIC DRIFT

The neutral theory claims that the majority of mutants that participate in molecular evolution and polymorphisms are selectively neutral and that their fate is largely determined by random genetic drift. By random genetic drift I mean random fluctuation of gene frequencies in a population caused by random sampling of gametes in reproduction. In any sexually reproducing species, the total number of individuals is not only finite, but also can be regarded as a random sample chosen from a much larger collection of male and female gametes (or 'gene pool') produced by the

parental generation. The amount of fluctuation in gene frequencies (that is, proportion of various allelic genes) is expected to be larger, the smaller the population.

Fig. 1 illustrates the process of random drift assuming a model population consisting of four individuals. In this illustrated example, the frequency of the 'black' allele changes from 4/8 (i.e. 50%) to 3/8 (i.e. 37.5%) in one generation by chance. The process of random drift may also be illustrated as in Fig. 2 where several possible courses of change ('sample paths') in gene frequency are shown starting from 50%. In this figure, the abscissa represents time (generation) and the ordinate the gene frequency.

In natural populations, the number of individuals making up a total reproductive community (species) is usually very much larger than we assumed in Fig. 1, although the number of reproducing individuals may be considerably smaller than the apparent number. Yet with sufficient time, chance (in the form of random drift) will prevail in determining the fate of individual mutant alleles if they are selectively neutral. If we consider, a random mating population consisting of N_e breeding individuals per generation (the subscript e in N_e denotes that it refers to the 'effective number' rather than the actual number N), then, it is a well-known result (*Kimura* and *Ohta 1969*) in population genetics that it takes on the average $4N_e$ generations until a neutral mutant reaches fixation starting from a very low frequency (excluding the cases in which a mutant allele is lost by chance before fixation). Thus, in a population of $N_e = 10^5$, a neutral mutant which is destined for fixation takes four hundred thousand generations until fixation. On the other hand, the majority of mutations are lost from the population by chance in a small number of generations (in 10 generations or so).

IV SOME ESTIMATES OF EVOLUTIONARY RATES AT THE MOLECULAR LEVEL

Let us now examine how quickly mutations have accumulated inside the gene in the actual course of evolution. The most popular approach that has been adopted during the last decade for the study of molecular evolution is to compare the amino acid sequences of a homologous protein among related organisms. This enables us to estimate the rate of evolution in terms of mutant substitutions that cause amino acid change.

Let us take as an example the hemoglobin α chain, consisting of 141 amino acids in mammals. Figure 3 illustrates the phylogeny of some vertebrates together with their times of divergence. The figure also shows the number of amino acid differences as revealed by comparative study of the hemoglobin α between carp and three mammalian species (mouse, horse and man). A rough rate of amino acid substitutions in evolution can be estimated by noting that the numbers of amino acid differences be-

tween these three mammals are around twenty, while they diverged from each other roughly 80 million years ago. Namely, out of about 140 amino acid sites, about 20 differences have accumulated in either of two branches (for example, one leading to horse and another leading to man) that diverged about 80 million years ago. Thus, the rate of accumulation of mutants that cause amino acid change in hemoglobin α is roughly

$$\frac{20}{140} \div (8 \times 10^7) \div 2 \ ,$$

or 0.89×10^{-9} per year per amino acid site in mammals. Note that two branches are involved in each comparison; that is why we divided by 2 in the above computation.

Although this method of estimation is acceptable when the fraction of different amino acid sites is small (1/7 in the above example), it does not take into account the possibility of simultaneous changes at the same a.a. sites in both branches compared. In this method, such double changes (when they occur) are counted as a single amino acid substitution, so that the underestimation is considerable unless the fraction of amino acid differences is small. In order to correct for such double (and multiple) changes, one popular method is to resort to the Poisson law in statistics. I shall explain this taking the carp-mammal comparisons as an example. From Fig. 3 we note that the number of amino acid differences between the carp and any of the three mammals is about 70 which amounts to half of the total amino acid sites involved. In other words, the fraction of different amino acids sites is 50%. Let m be the average number of amino acid substitutions per site between the two homologous chains compared, then the probability that no substitutions occur at a given amino acid site is e^{-m} from the Poisson law. Thus, if P_d is the fraction of different sites, then $1 - e^{-m} = P_d$. In the above example, $P_d = 0.5$ so that $m = -\log_e (1 - P_d) = 0.69$. Then, the rate of amino acid substitution per site per year can be obtained by dividing this by twice the time since divergence of the carp and mammals. Noting that the common ancestor of the carp and mammals goes back to the Devonian period ($350 \sim 400$ million years before present), we obtain 0.92×10^{-9} which is very near to the estimate obtained above by comparing the three mammalian species. This suggests that the rate of amino acid substitution in the hemoglobin α chain in the course of vertebrate evolution is rather uniform among various lines and the representative figure is roughly 10^{-9} per amino acid site per year. Thus, if we denote the rate of amino acid substitution per site by k_{aa}, then $k_{aa} \approx 10^{-9}$ for the hemoglobin α.

Table 1 lists the value of k_{aa} for several proteins. These are taken from Table 6-1 of *McLaughlin* and *Dayhoff* (*1972*) who list 21 estimates for various proteins.

Table 1

Evolutionary rate in terms of amino acid substitution (quoted from *McLaughlin* and *Dayhoff* (*1972*) with modification). The rate is expressed per amino acid site per year taking 10^{-9} as the unit ('pauling').

Proteins	$k_{aa} \times 10^9/yr$
Fibrinopeptides	9.0
Pancreatic ribonuclease	3.3
Hemoglobin chains	1.4
Myoglobin	1.3
Animal lysozyme	1.0
Insulin	0.4
Cytochrome *c*	0.3
Histone IV	0.006

The highest rate is represented by fibrinopeptides ($k_{aa} = 9 \times 10^{-9}$ in this table) while the lowest rate is represented by histone IV ($k_{aa} = 0.006 \times 10^{-9}$). In addition, McLaughlin and Dayhoff's table show that the median rate is represented by myoglobin ($k_{aa} = 1.3 \times 10^{-9}$) which is not very different from the arithmetic mean $\overline{k}_{aa} = 2.0 \times 10^{-9}$ as computed from their table.

These estimates are concerned only with the rate of mutant substitutions for the fraction of DNA that codes for proteins. There is the possibility, however, that such a fraction constitutes a small part of the total DNA in mammals, so that the above estimates do not serve as representative figures for the whole genome. In fact, there is evidence that the actual rate of mutant substitutions per haploid chromosome set is higher: the rate of evolutionary divergence of non-repetitive DNA sequences as estimated by the hybridization technique (*Kohne 1970*) is higher than that of most proteins when the rate is expressed per nucleotide site, and is roughly equal to that of fibrinopeptide.

V POPULATION GENETICS OF MUTANT SUBSTITUTIONS

For our discussion on the mechanism of molecular evolution, it is essential that we should make a clear distinction between 'mutation' at the

individual level and 'mutant substitution' at the population level. The process of molecular evolution consists of a sequence of events in which rare mutants increase their frequencies and spread through the species, finally reaching the state of fixation (100% in frequency). Figure 4 illustrates the behaviour of mutant alleles following their appearance in a finite population. A great majority of such mutants, including those having a small selective advantage, are lost from the population within a small number of generations. Only a tiny fraction can spread through the whole population to reach fixation, for which a very long time ($4N_e$ generations in the case of neutral alleles) is required.

We now consider the sequence of events by which mutant genes are substituted one after another in the population in the course of time. Let us denote by k the rate of mutant substitution per unit time (year, generation etc.). Since each substitution may take a very long time, the rate should be measured as a long term average. The rate of substitution thus defined is independent of how quickly individual mutants spread into the population. What matters is the average interval between consecutive fixations.

Consider a gene locus (or a part of it), and let v be the mutation rate per gamete for a particular class of mutants (such as a neutral class). Further, let u be the probability of ultimate fixation of an individual mutant. This is the probability that an individual mutant that appeared in the population eventually spreads in the population, reaching 100% in frequency. If we assume that each mutant is represented only once at the moment of appearance, then we have the following formula:

$$k = 2Nvu \quad . \tag{1}$$

This is based on the consideration that in a population of N individuals, $2Nv$ new mutants appear per unit time (say, in each generation), of which the fraction u eventually spread through the whole population. If the mutant is selectively neutral, it is not difficult to see that the probability of ultimate fixation is equal to the initial frequency, that is, $u = 1/(2\,N)$. Therefore, from equation 1 we have

$$k = v \quad . \tag{2}$$

This simply says that the rate of evolution in terms of mutant substitutions in the population is equal to the mutation rate per gamete. This applies to evolutionary change due to accumulation of neutral mutants. Such a change should be independent of the environment.

On the other hand, if the mutants are definitely advantageous with selective advantage s over the preexisting allele, then using a well known result on the probability of gene fixation in population genetics (*Crow* and *Kimura 1971*, p. 426), we have $u = 2sN_e/N$, and therefore

$$k = 4N_e sv \quad . \tag{3}$$

Thus, the situation is more complicated when evolutionary change is due to accumulation of selectively advantageous mutations. Namely, the evolutionary rate is determined by the product of the effective population size, selective advantage, and the mutation rate. One should then expect that k depends strongly on the environment in which the species is placed, being high for a species offered a new ecologic opportunity but low for those kept in a stable environment.

VI TWO DISTINCT FEATURES OF MOLECULAR EVOLUTION

Studies of molecular evolution have revealed several features, of which the following two are particularly noteworthy. 1) For each protein, the rate of evolution in terms of amino acid substitutions is approximately constant per site per year for various lines as long as the function and tertiary structure of the molecule remain essentially unaltered. 2) Molecules or parts of one molecule that are subject to less functional constraint evolve faster (in terms of mutant substitutions) than those that are subject to stronger constraint (*Kimura* and *Ohta 1974*).

Among various proteins so far examined, constancy of the evolutionary rate is probably most apparent in globins. I have already mentioned that the rate of amino acid substitutions in the α-chain of hemoglobins is approximately 10^{-9} per site per year, and that this rate is surprisingly uniform among diverse lineages of vertebrates. As is well known, the hemoglobin molecule in bony fishes and higher vertebrates is a tetramer, consisting of two identical α chains and two identical β chains. Both chains have essentially the same tertiary structure and show roughly the same evolutionary rate. They are derived by gene duplication followed by differentiation through accumulation of independent mutations. As a remarkable example showing uniformity of the evolutionary rate, I would like to discuss the implication of Table 2 where the divergence between the α and β hemoglobin chains of man is compared with the divergence between the α chain of the carp and the β chain of man. Since the human and carp α chains differ from each other at roughly 50% of the amino acid sites, the table suggests that the α chains in two separate lineages, one leading to the carp and the other leading to man, have accumulated mutations independently and at practically the same rate over the span of about 400 million years. From these comparisons, the rate of amino acid substitutions turns out to be approximately $k_{aa} = 0.9 \times 10^{-9}$ per year, in good agreement with the estimates obtained by comparing α chains among mammals.

Table 2

Comparison of amino acid differences between α and β hemoglobins (from *Kimura* and *Ohta 1974*).

Type of change*	Human α vs. human β	Carp α vs. human β
0	63	61
1	53	49
2	22	29
Gap	9	10
Total	147	149

* Numbers 0, 1 and 2 respectively denote the type of amino acid differences that can be interpreted from the genetic code table as due to a minimum of 0, 1 and 2 nucleotide substitutions in two sets of comparisons involving the α and β hemoglobin chains. The number of gaps is also listed for each comparison.

Recently, non-constancy of the evolutionary rate in globins has been emphasized by Goodman and his associates (1974) who criticize my claim of constancy by saying that I failed to consider multiple mutations in my estimation procedure. Their method consists of first estimating the number of mutant substitutions using the principle of 'maximum parsimony', and then modifying the estimates, sometimes by an enormous amount, by their 'augmentation procedure'. I shall take, as an example, evolutionary change of the α hemoglobin along the two lineages, one leading to the carp and another leading to man from their common ancestor some 400 million years back. According to Goodman and others, the number of mutations accumulated along the lineage leading to the carp amounts to 64, while the corresponding number accumulated along the lineage to man amounts to 56, both being estimated by the maximum parsimony method (see Fig. 2 of *Goodman et al. 1974*). These two numbers certainly do not show that the intrinsic rates of mutant substitutions are significantly different in these two lineages. Then, they modify these values by augmenting 48 mutations to the lineage leading to the carp and 33 mutations to the lineage leading to man. So the final estimates of mutant substitutions turn out to be 112 and 89 for the two lineages (see their Fig. 6). Although no statistical errors (presumably very large) are available regarding these estimates[1], the similarity of the evolutionary rates,

in my opinion, rather than their difference, is impressive. Such a similarity is in sharp contrast to the totally different evolutionary rates at the 'organism' level in the two lineages; one remained as a bony fish for 400 million years, while another passed through all the stages that transformed the bony fish into man. In relation to the uniformity of the evolutionary rates at the molecular level, I proposed (*Kimura 1969*) that if hemoglobins and other proteins show the same rate of amino acid substitutions in 'living fossils' as in rapidly evolving species, this would support my neutral theory.

Langley and *Fitch* (*1974*) also emphasize non-constancy of the molecular evolutionary rate, and conclude that « a large proportion of the observed amino acid substitutions were selectively fixed and can be expected to reflect environmental changes ». Using a maximum likelihood procedure, they analysed the variation of evolutionary rates among the branches of a phylogenetic tree involving simultaneously the evolution of the α and β hemoglobins, cytochrome *c*, and fibrinopeptide *A*. They found that the variation of evolutionary rates among branches (« among legs over proteins ») is significantly higher than expected by pure chance, with a χ^2 value about twice its degrees of freedom. Since the expected value of χ^2 is equal to its degrees of freedom, their results mean that variation of evolutionary rate in terms of mutant substitutions among lines is about twice as large as that expected from chance. Essentially the same result was obtained earlier by *Ohta* and *Kimura* (*1971*) who found, using data on hemoglobins and cytochrome *c*, that the observed variance of evolutionary rates among mammalian lines is roughly 1.5 to 2.5 times the expected variance. At the same time, *Langley* and *Fitch* (*1974*) show that when the estimated numbers of mutant substitutions are plotted against the corresponding geological dates (in years), they are beautifully on a straight line suggesting the uniformity of the evolutionary rate! (See their Fig. 6). The only exceptions are three observed points for primates. It is possible that the slow evolutionary rate of primates is in part due to longer generation time (*Ohno 1970*) which makes per-year mutation rate low to some extent.

In my opinion, emphasizing local fluctuations as evidence against the neutral theory, while neglecting to inquire why the rate is intrinsically so regular (that is, uniform) is misguided. The approximate constancy of the molecular evolutionary rate, as I claim, must be a reflection of the fact that there is an intrinsic evolutionary rate characteristic to each protein, as long as its function and the tertiary structure remain essentially unaltered. It is possible, and indeed likely, that there is a delicate shifting of molecular constraints as new amino acids are substituted one after another in the course of evolution. In this process the probability of a mutational change being selectively neutral may fluctuate somewhat around its characteristic mean, but, such a fluctuation is greatly restricted as long as the function and the tertiary structure of the molecule remain essentially the same. Only when they are drastically altered, and partic-

ularly when the existing constraint is removed, do mutations start to accumulate at a very high rate, as exemplified by rapid evolution of guinea pig insulin (see *Kimura* and *Ohta 1974*).

Let us now turn to the second feature of molecular evolution. It has become increasingly clear that the weaker the functional constraint which a molecule (or a part of one molecule) is subject to, the higher the evolutionary rate in terms of mutant substitutions. As mentioned already, the highest rate so far known among proteins is represented by fibrinopeptides with $k_{aa} = 9 \times 10^{-9}$ per year (see Table 1). For this protein a somewhat lower estimate $k_{aa} = 4.5 \times 10^{-9}$ has also been obtained (*Barnard et al. 1972*).

It is interesting to note that fibrinopeptides, the most rapidly evolving molecules, have little known function after they become separated from fibrinogen in the blood clot. A similar example is the middle segment (*C*) of the proinsulin molecule. This part is removed when the active insulin is formed, and it is known that this part evolves at a rate of $k_{aa} = 4.4 \times \times 10^{-9}$ which is roughly 10 times as fast as that of insulin (*Kimura* and *Ohta 1972a*). More examples of this sort will be forthcoming, because tailoring of a precursor molecule to produce a functionally active form appears to be a common phenomenon. The relationship between the functional constraint and the evolutionary rate has been beautifully explained by *Dickerson* (*1971*) using four molecules as follows. In fibrinopeptides, virtually any amino acid change (mutant substitution) that permits the peptides to be removed is 'acceptable' to the species. Thus, the rate of evolutionary substitution of amino acids may be very near to the actual mutation rate. Hemoglobins, because they have a definite function of carrying oxygen and, therefore specifications for them are more restrictive than for fibrinopeptides, have a lower evolutionary rate. Cytochrome *c* interacts with cytochrome oxidase and reductase, both of which are much larger than it, and there is more functional constraint in cytochrome *c* than in hemoglobins. Thus cytochrome *c* has a lower evolutionary rate than hemoglobins. Histone IV binds to DNA in the nucleus, and is believed to control the expression of genetic information. It is quite probable that a protein so close to the genetic information storage system is highly specified with little evolutionary change over a billion years. All these examples strongly suggest that natural selection (mostly in the form of negative selection) acts through the function of the folded protein but not the amino acid sequence itself. A similar relationship between functional constraint and evolutionary rate also holds in different parts within hemoglobin molecules. It is known (*Perutz* and *Lehman 1968*) that in hemoglobins the surface part generally has much fewer constraints in maintaining the structure and function of the molecules than the heme pocket which is vitally important. We have shown (*Kimura* and *Ohta 1973*) that in both α and β hemoglobins the surface part evolves about 10 times as fast as the heme pocket. An additional

example that is of interest in the present context is the sequence 15 — 24 of pancreatic ribonucleases that evolves at a very high rate $k_{aa} = 8.5 \times 10^{-9}$, comparable to the rapidly evolving parts of fibrinopeptides. According to *Barnard et al.* (*1972*) this « hypervariability » can be correlated with a lack of any contribution of this part either to the enzymatic activity or to the maintenance of structure required for the activity.

In addition to amino acid substitution rates, interesting data on nucleotide substitution rates have become available in recent years. Because of the degeneracy of the genetic code, a large fraction (about 70%) of random nucleotide substitutions at the third position of the codon do not cause amino acid changes (i.e. are synonymous). Since natural selection acts through the function of the protein, it is expected that such changes are subject to much weaker natural selection, if any, than nucleotide changes causing amino acid changes. This means that, if the neutral theory is valid, the rate of mutant substitutions at the third positions of the codon must be very high, as in fibrinopeptide and others. In the following, I shall show that by comparative studies of messenger RNA (mRNA) sequences, reliable estimates can be obtained at the third positions of the codon and that the estimates conform remarkably well with the framework of the neutral theory. In fact, the preponderance of synonymous changes is probably the strongest evidence now available for the neutral theory (*Kimura 1977*).

One very interesting report comes from *Salser et al.* (*1976*) who compared homologous parts from the fragments of human and rabbit hemoglobin messenger RNA sequences. It turned out that among 53 nucleotide positions that could be compared, there were six base differences, of which only one leads to an amino acid difference. Their Table 3 shows that among 17 third nucleotide positions of the codon which can be compared between the two species, there are 5 nucleotide differences. This means that the observed fraction of the third position nucleotide differences is 5/17. In order to estimate from this the number of nucleotide substitutions per site (K) that have actually occurred in the course of evolution since the divergence of the rabbit and human lineages, I use the formula

$$K = -\frac{3}{4}\log_e\left(1 - \frac{4}{3}\lambda\right), \qquad (4)$$

where λ is the observed fraction of the sites by which the two sequences differ from each other. K estimated by this formula includes superimposed and reverted mutant substitutions (*Jukes* and *Cantor 1969*, *Kimura* and *Ohta 1972b*). Note that there are only four kind of nucleotide bases and therefore even two unrelated RNA sequences, when compared, can still agree at 25% of the sites on the average. The rate of nucleotide substitution per site per year can then be obtained by $k_{nuc} = K/(2\,T)$, where

T is the time in years since the divergence of the two lineages. The standard error (σ_K) of K may be computed using the formula

$$\sigma^2_K = \frac{\lambda\,(1-\lambda)}{L\,(1-\frac{4}{3}\lambda)^2} \tag{5}$$

where L is the number of nucleotide sites per sequence (*Kimura* and *Ohta 1972b*). Letting $\lambda = 5/17$, $T = 8 \times 10^7$ and $L = 17$, we obtain $K = 0.373 \pm 0.182$ so that $k_{nuc} = (2.3 \pm 1.1) \times 10^{-9}$ (per year). This is a very high evolutionary rate, comparable to that of the fibrinopeptides. In fact, the evolutionary rate of fibrinopeptide, i.e. $k_{aa} = (4 \sim 9) \times 10^{-9}$, when converted into the nucleotide substitution rate turns out to be $k_{nuc} = (1.8 \sim 4.0) \times 10^{-9}$. In converting the amino acid substitution rate into the nucleotide substitution rate we note that each codon consists of 3 nucleotide positions and that the probability of a random nucleotide change within a codon causing an amino acid change is roughly 3/4. In addition, a direct comparison of human and rabbit fibrinopeptide A gives $k_{aa} = 5.2 \times 10^{-9}$ leading to $k_{nuc} = 2.3 \times 10^{-9}$.

The above computations show that in the cistrons coding for the hemoglobin α and β chains, the rate of mutant substitutions is several times higher at the third position of the codon than at the first and second positions, and that the third position rate is roughly the same as the rate of fibrinopeptide A (in terms of mutant substitutions per nucleotide site).

A similar but more interesting report comes from *Grunstein et al.* (*1976*) who could compare histone $H\,4$ (that is, histone IV) messenger RNA sequences of two sea urchin species *S. purpuratus* and *L. pictus*. It is well-known that histone IV is by far the most highly conserved protein. Their report now shows, however, that a great deal of synonymous changes have occurred in the gene coding for this protein in the course of evolution. Table 3 illustrates a part of the comparison (quoted from *Grunstein et al. 1976*).

Table 3

A part of the comparison between histone IV mRNAs of two sea urchin species, *Lytechinus pictus* and *Strongylocentrotus purpuratus* (From *Grunstein et al. 1976*).

L. pictus	MESSENGER RNA	GA [U]	AAC	AUC	CAA	GG [A]	AU [A]	AC [U]	AAA	CCG	GC [A]	AUC
S. purpuratus	MESSENGER RNA	GA [C]	AAC	AUC	CAA	GG [U]	AU [C]	AC [G]			GC [U]	AUC
HISTONE IV	AMINO ACID SEQUENCE	Asp	Asn	Ile	Gln	Gly	Ile	Thr	Lys	Pro	Ala	Ile
		24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34

From their Table 3 we find that among 84 nucleotide sites that can be compared between the messenger sequences of the two species, there are ten base differences, of which nine are located at the third positions of the codon. Actually there are 27 third nucleotide positions which can be compared between these two species and there are 9 nucleotide differences. Thus, letting $\lambda = 9/27$ and $L = 27$ in the above equations (4) and (5), we obtain $K = 0.440$ and $\sigma_K = 0.163$. According to Grunstein *et al.*, these sea urchins shared a common ancestor approximately 6×10^7 years ago. Therefore letting $T = 6 \times 10^7$, we obtain $k_{nuc} = (3.7 \pm 1.4) \times$ $\times 10^{-9}$ as an estimate of the average evolutionary rate at the third nucleotide position of the codon in the histone *H4* gene. It is remarkable that synonymous mutant substitutions have occurred in this gene at the highest known rate despite the fact that amino acid substitutions have occurred in the corresponding protein with the lowest known rate. These observations support my original prediction (*Kimura 1968b*) that most of the synonymous mutant substitutions are selectively neutral.

VI THE NEUTRALIST INTERPRETATIONS

I would like to show that the above observations, particularly those pertaining to the relationship between the functional constraints and the molecular evolutionary rate can be explained very simply and consistently by the neutral theory.

Let us assume that a certain fraction f_0 of the molecular mutants are selectively neutral and that the rest of the mutants are definitely deleterious. Although advantageous mutations will no doubt occur from time to time, we assume that their frequency is negligible in determining the evolutionary rates as estimated by comparative studies of amino acid and nucleotide sequences. If we denote by v_T the total mutation rate, then the mutation rate for neutral alleles is $v = v_T f_0$, so that from equation 2 we obtain

$$k = v_T f_0 \quad . \tag{6}$$

Needless to say, if k is expressed as the rate per site for a given molecule, then v_T must also be expressed per site.

We now assume that the probability of a mutational change being neutral (i.e. not harmful) depends strongly on functional constraints. Namely, the weaker the functional constraint, the larger the probability f_0 of a random change being neutral with the result that k in the above equation increases. According to this explanation, the maximum evolutionary rate is attained when $f_0 = 1$, that is, when all the mutations are neutral (assuming that v_T per site is the same among different molecules). In my opinion the high evolutionary rates observed at the third position of the codon are near to this limit. Also, the evolutionary rates observed for fibrinopeptides and the sequence 15 — 24 of pancreatic ribonucleases

are not very far from this limit. The evolutionary rate ($k_{aa} = 8.5 \times 10^{-9}$) estimated for the latter by *Barnard et al.* (*1972*), when converted into nucleotide substitution rate is nearly equal to the synonymous substitutions rate in histone IV (except for error in estimation).

They called attention, however, to the fact that amino acid compositions of this segment do not coincide with that of the ideal random protein. This fact suggests that in this region there still exist restrictions with regard to which amino acids are used for evolutionary substitution. In my opinion the actual restriction (in terms of reducing f_0) may not be as large as it appears. First, the size of the sample examined is very small so that statistical deviation must be very large. Secondly, the genetic code is connected in the sense that a single nucleotide replacement usually leads to similar amino acids so that even if the set of allowable amino acids is somewhat restricted there still remains much room for mutational interchange of nucleotides within the allowable limits. It seems to me that in the case of fibrinopeptide *A*, the actual value of f_0 might be at least as high as 0.7.

In this respect, *Fitch*'s (*1976*) observation on the rates of mutant substitution per 'covarion' (i.e. concomitantly variable codons) of various proteins is revealing. He estimated the rates per covarion for six proteins (fibrinopeptide *A*, ribonuclease, insulin *C*, α and β hemoglobins, cytochrome *c*), and he obtained estimates which are very similar to each other, with an average value $k_{aa} = 4.1 \times 10^{-9}$ per covarion per year. From the standpoint of the neutral theory, the covarions can be interpreted as those amino acid sites that can accept neutral mutations at a given moment in the course of evolution. In other words, the fraction of covarions for a given protein is equal to f_0 in the above equation at least in a rough sense.

The neutral theory predicts that as the functional constraint diminishes the rate of evolution converges to the maximum value set by the total mutation rate. If such a *convergence (or plateauing) of molecular evolutionary rates* is confirmed by future studies, it will turn out to be very strong evidence supporting the neutral theory.

VII CONCLUDING REMARKS

A real merit of the neutral theory is that it enables us to make a number of quantitative predictions which can be checked by actual observations. This applies not only to molecular evolution which we have mainly discussed in this article, but also to extant genetic variations at the molecular level (i.e., molecular polymorphisms). For example, it was recently shown by Nei and his associates (*Fuerst, Chakraborty* and *Nei, 1977*) that the inter-locus variance of heterozygosity can be predicted fairly accurately by the neutral theory using observations on the mean heterozygosity.

In the past, based on observations of evolutionary change at the pheno-

typic level, much has been said on how gene pools in the species are organized. For example, *Mayr* (*1975*) speaks of « the unity of the genotype » as an important concept in evolutionary genetics. It seems to me, however, that he is confusing phenotypic conservatism with genetic unchangeability. Discussions of molecular evolution should be based on actual observations at the molecular level. Facile extrapolation from phenotypic changes to molecular changes will encounter many pitfalls.

Of course, at the phenotypic level itself far removed from the molecular constitution of genes, it is likely that Darwin's principle of natural selection prevails in the evolutionary changes of form and function. What I am claiming is that, deep down at the level of the internal structure of the genetic material, there is a great deal of evolutionary change propelled by random genetic drift, the process that proceeds on a scale so grand that no neo-Darwinian evolutionists have ever dreamed of it. I believe that if my neutral mutation-random drift hypothesis of molecular evolution and polymorphism turns out to be essentially correct, it should have a proper place in the evolutionary theory as a supplement to Darwinism.

M. K.

Contribution No. 1173 from the National Institute of Genetics, Mishima, Shizuoka-ken, 411 Japan.

NOTE

1 Recently, Tateno and Nei investigated, using computer simulation, statistical properties of *Goodman et al.'s* (*1974*) method, and found that the method tends to give an overestimation when the number of species used is large and the number of mutant substitutions per codon is sufficiently large. Tateno and Nei then point out that one should be very cautious against using Goodman *et al.*'s method that introduces a systematic error. They also point out that the estimate of the number of mutant substitutions obtained by Goodman et al.'s method has a large variance. It seems to me that the method is not very reliable for investigating the rates of molecular evolution. See: Y. TATENO, and M. NEI, Goodman et al.'s method for augmenting the number of nucleotide substitutions (submitted to *Jour. Molec. Evolution*).

BIBLIOGRAPHY

AYALA, F. J. (ed.) 1976. *Molecular Evolution*. Sinauer, Sunderland, Mass.

BARNARD, E. A., M. S. COHEN, M. H. GOLD and JAE-KYOUNG KIM 1972. Evolution of ribonuclease in relation to polypeptide folding mechanisms. *Nature* 240: 395-398.

CALDER, N. 1973. *The Life Game*. BBC, London.

CROW, J. F. 1972. The dilemma of nearly neutral mutations: How important are they for evolution and human welfare? *Jour. Heredity* 63: 306-316.

CROW, J. F. and M. KIMURA 1970. *An Introduction to Population Genetics Theory*. Harper and Row, New York.

DICKERSON, R. E. 1971. The structure of cytochrome *c* and the rates of molecular evolution. *J. Molec. Evolution* 1: 26-45.

FITCH, W. M. 1976. The molecular evolution of cytochrome *c* in eukaryotes. *J. Mol. Evol.* 8: 13-40.

FUERST, P. A., R. CHAKRABORTY and M. NEI 1977. Statistical studies on protein polymorphism in natural populations. I. Distribution of single locus heterozygosity. *Genetics* 86: 455-483.

GOODMAN, M., G. W. MOORE, J. BARNABAS and G. MATSUDA 1974. The phylogeny of human globin genes investigated by the maximum parsimony method. *J. Molec. Evolution* 3: 1-48.

GRUNSTEIN, M., P. SCHEDL and L. KEDES 1976. Sequence analysis and evolution of sea urchin (*Lytechinus pictus* and *Strongylocentrotus purpuratus*) histone H4 messenger RNAs. *J. Mol. Biol.* 104: 351-369.

HALDANE, J. B. S. 1957. The cost of natural selection. *J. Genet.* 55: 511-524.

HARRIS, H. 1966. Enzyme polymorphisms in man. *Proc. Roy. Soc.* 164B: 298-310.

JUKES, T. H. and C. R. CANTOR 1969. Evolution of protein molecules. In *Mammalian Protein Metabolism* (ed. H. N. MUNRO), Academic Press, New York, pp. 21-132.

KIMURA, M. 1968a. Evolutionary rate at the molecular level. *Nature* 217: 624-626.

KIMURA, M. 1968b. Genetic variability maintained in a finite population due to mutational production of neutral and nearly neutral isoalleles. *Genet. Res. Camb.*, 11: 247-269.

KIMURA, M. 1969. The rate of molecular evolution considered from the standpoint of population genetics. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 63: 1181-1188.

KIMURA, M. 1977. Preponderance of synonymous changes as evidence for the neutral theory of molecular evolution. *Nature* 267: 275-276.

KIMURA, M. and T. OHTA 1969. The average number of generations until fixation of a mutant gene in a finite population. *Genetics* 61: 763-771.

KIMURA, M. and T. OHTA 1972a. Population genetics, molecular biometry, and evolution. *Proc. 6th Berkeley Symp. on Math. Stat. and Probability*, Vol. 5 (Darwinian, Neo-Darwinian, and Non-Darwinian Evolution): 43-68. Univ. of California Press, Berkeley, California.

KIMURA, M. and T. OHTA 1972b. On the stochastic model for estimation of mutational distance between homologous proteins. *J. Molec. Evolution* 2: 87-90.

KIMURA, M. and T. OHTA 1973. Mutation and evolution at the molecular level. *Genetics* 73 (Suppl.): 19-35.

KIMURA, M. and T. OHTA 1974. On some principles governing molecular evolution. *Proc. Nat. Acad. Sci., USA* 71: 2848-2852.

KING, J. L. and T. H. JUKES 1969. Non-Darwinian evolution. *Science* 164: 788-798.

KOHNE, D. E. 1970. Evolution of higher-organism DNA. *Quart. Rev. Biophys.* 3: 327-375.

LANGLEY, C. H. and W. M. FITCH 1974. An examination of the constancy of the rate of molecular evolution. *J. Molec. Evolution* 3: 161-177.

LEWONTIN, R. C. 1974. *The Genetic Basis of Evolutionary Change.* Columbia Univ. Press., New York and London.

LEWONTIN, R. C. and J. L. HUBBY 1966. A molecular approach to the study of genic heterozygosity in natural populations. II. Amount of variation and degree of heterozygosity in natural populations of *Drosophila pseudoobscura*. *Genetics* 54: 595-609.

MAYR, E. 1975. The unity of genotype. *Biol. Zbl.* 94: 377-388.

MCLAUGHLIN, P. J. and M. O. DAYHOFF 1972. Evolution of species and proteins: a time scale. In *Atlas of Protein Sequence and Structure 1972* (M. O. DAYHOFF ed.). Nation Biomedical Research Foundation, Washington D. C., pp. 47-52.

NEI, M. 1975. *Molecular Population Genetics and Evolution.* North-Holland Publishing Co., Amsterdam-Oxford.

OHNO, S. 1970. *Evolution by Gene Duplication.* Springer-Verlag, Berlin.

OHTA, T. 1973. Slightly deleterious mutant substitutions in evolution. *Nature* 246: 96-98.

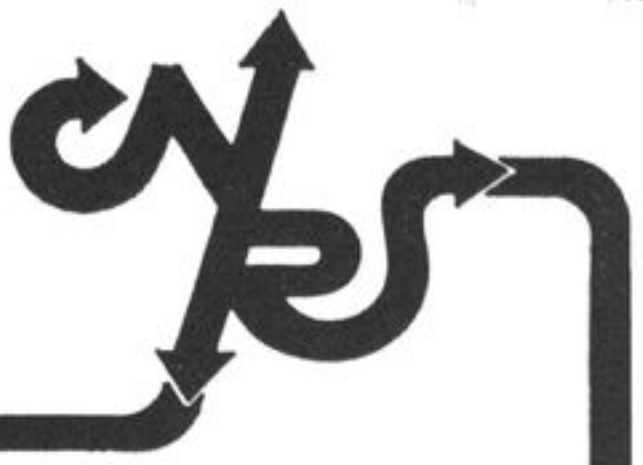
OHTA, T. 1974. Mutational pressure as the main cause of molecular evolution and polymorphism. *Nature* 252: 351-354.

OHTA, T. and M. KIMURA 1971. On the constancy of the evolutionary rate of cistrons. *Jour. Molecular Evolution* 1: 18-25.

PERUTZ, M. F. and H. LEHMAN 1968. Molecular pathology of human haemoglobin. *Nature* 219: 902-909.

SALSER, W., S. BOWEN, D. BROWNE, F. E. ADLI, N. FEDOROFF, K. FRY, H. HEINDELL, G. PADDOCK, R. POON, B. WALLACE and P. WHITCOME 1976. Investigation of the organization of mammalian chromosomes at the DNA sequence level. *Federation Proceedings* 35(1): 23-35.

ZUCKERKANDL, E. and L. PAULING 1965. Evolutionary divergence and convergence in proteins. In *Evolving Genes and Proteins* (BRYSON, V. and H. J. VOGEL eds.), Academic Press, New York, pp. 97-166.



- Spectroscopie des éléments de transition et des éléments lourds dans les solides (colloque) . . . . . 190 F
- Evolution des climats et des paysages vauclusiens au cours du Würmien récent et du postglaciaire (Vol. 1: paléo-écologie de l'homme fossile) par J. E. Brochier . . . . . 60 F
- Flore du Sahara, par Ozenda 140 F
- Comportement des insectes et milieu tropique (colloque) 190 F
- Réparation du DNA, mutagenèse cancérogenèse chimique (colloque) . . . . . 190 F
- Révision des foraminifères de la collection d'Orbigny II - foraminifères de l'ile de Cuba tome 2, par Y. Le Calvez 48 F
- Stratotypes et parastratotypes de l'aquitanien, par J. Alvinerie, R. Anglada, M. Caralp, F. Catzigras . . . . . 36 F
- Problèmes de rhéologie et de mécanique des sols (colloque) 70 F
- Himalaya. Sciences de la terre (colloque) . . . . . 175 F
- Energie, l'offre et la demande d'information, par F. Blamoutier . . . . . 55 F
- Max Planck, par Armin Hermann . . . . . 45 F

Documentation S gratuite sur demande.

Editions du CNRS

15 Quai Anatole-France 75700 Paris

CCP Paris 9061-11 - Tel 555 92.25

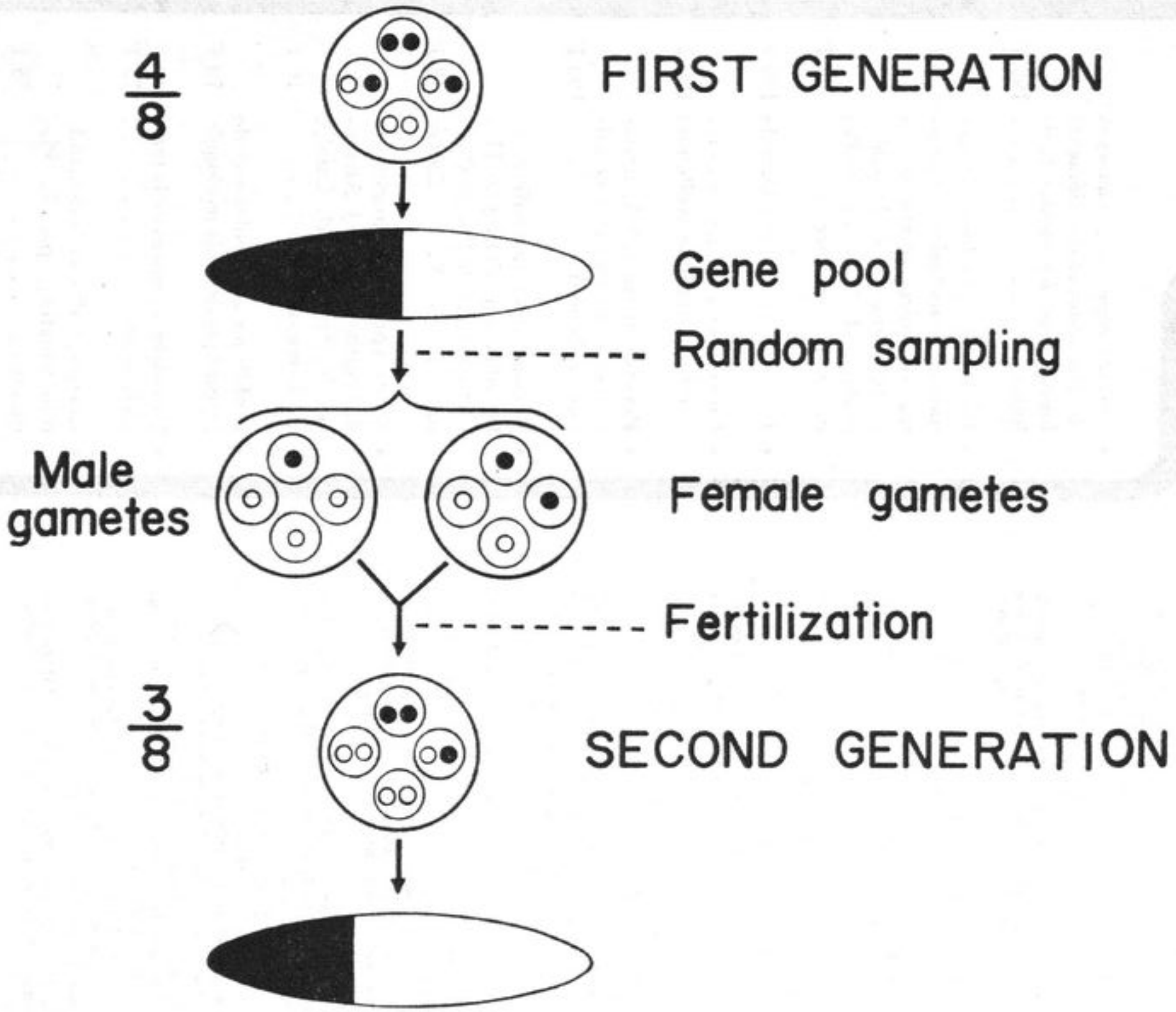


Fig. 1 - Illustration of the process of random drift assuming a model population consisting of four individuals ($N = 4$).

Illustrazione del processo di deriva casuale assumendo un modello di popolazione di quattro individui (N = 4).

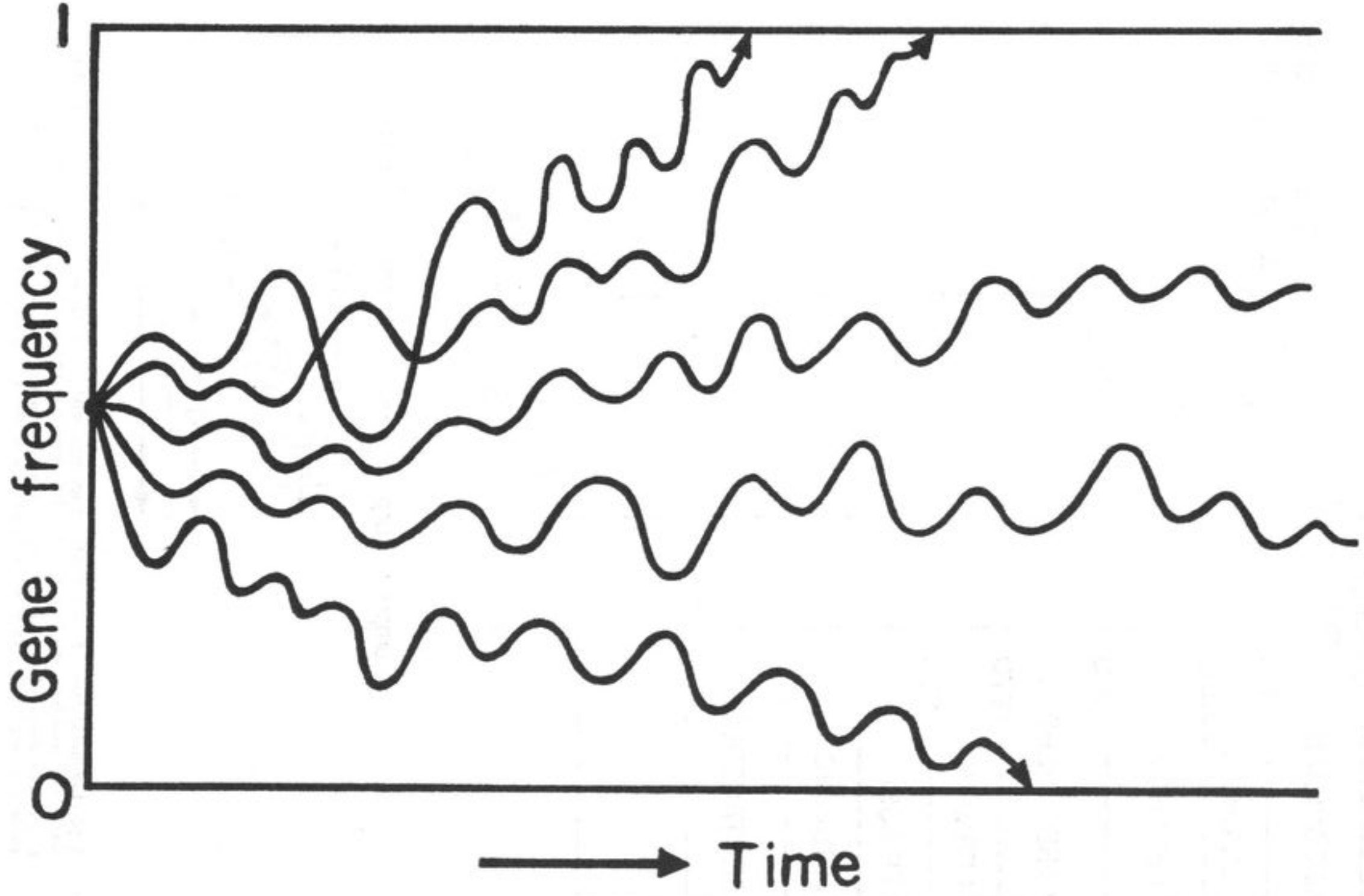


Fig. 2 - Illustration of sample paths representing the process of random gene frequency drift starting from 50%. The abscissa represents time and the ordinate the gene frequency.

Illustrazione delle vie di campionamento rappresentanti il processo di deriva casuale della frequenza genetica, partendo dal 50%. L'ascissa rappresenta il tempo e l'ordinata la frequenza genica.

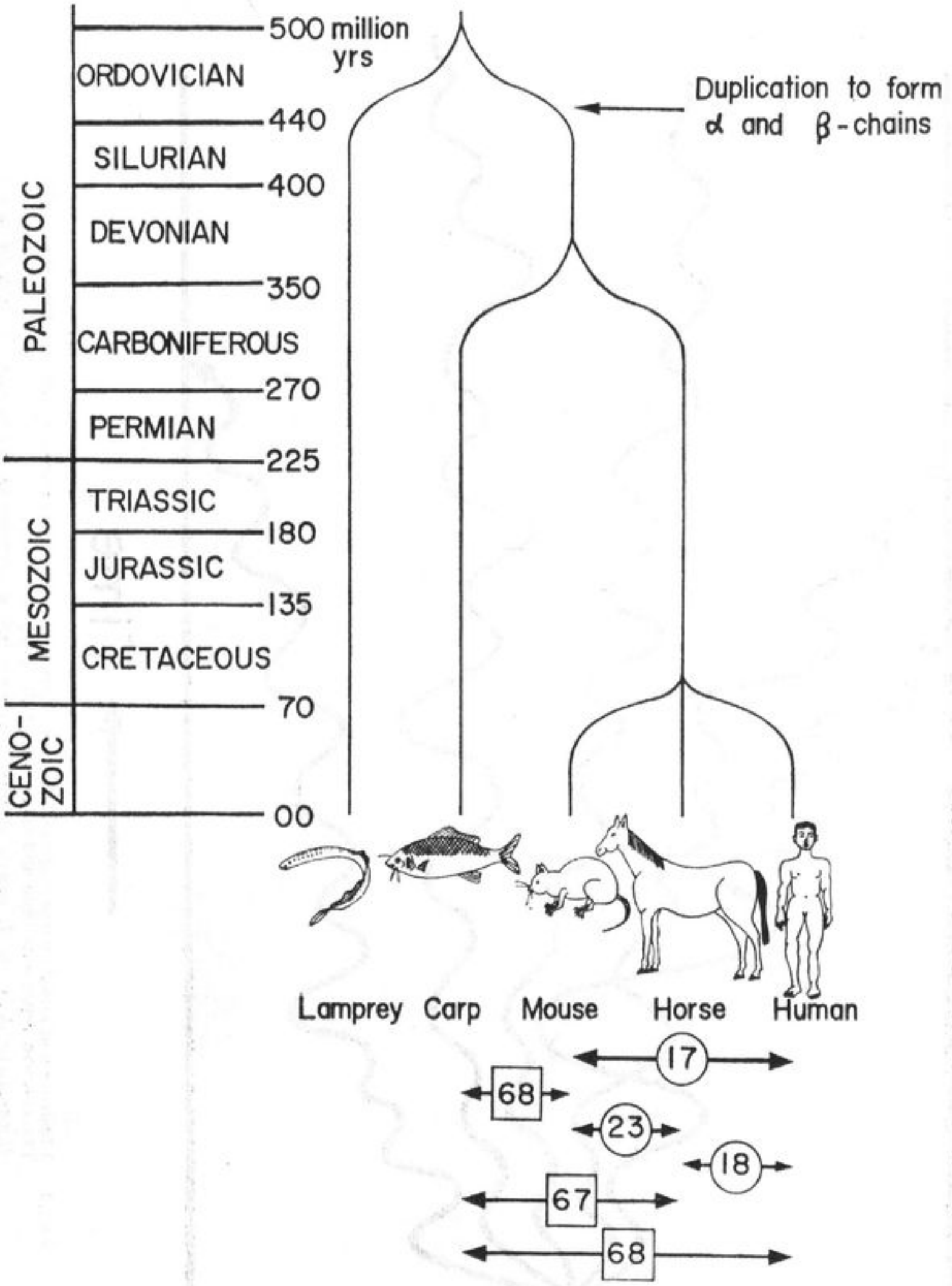


Fig. 3 - A phylogenetic tree of vertebrates together with their time of divergence. It also shows the numbers of amino acid differences between their hemoglobin α chains.
Un albero filogenetico dei vertebrati con il loro periodo di divergenza. Esso illustra anche i numeri delle differenze di aminoacidi fra le emoglobine α e β.

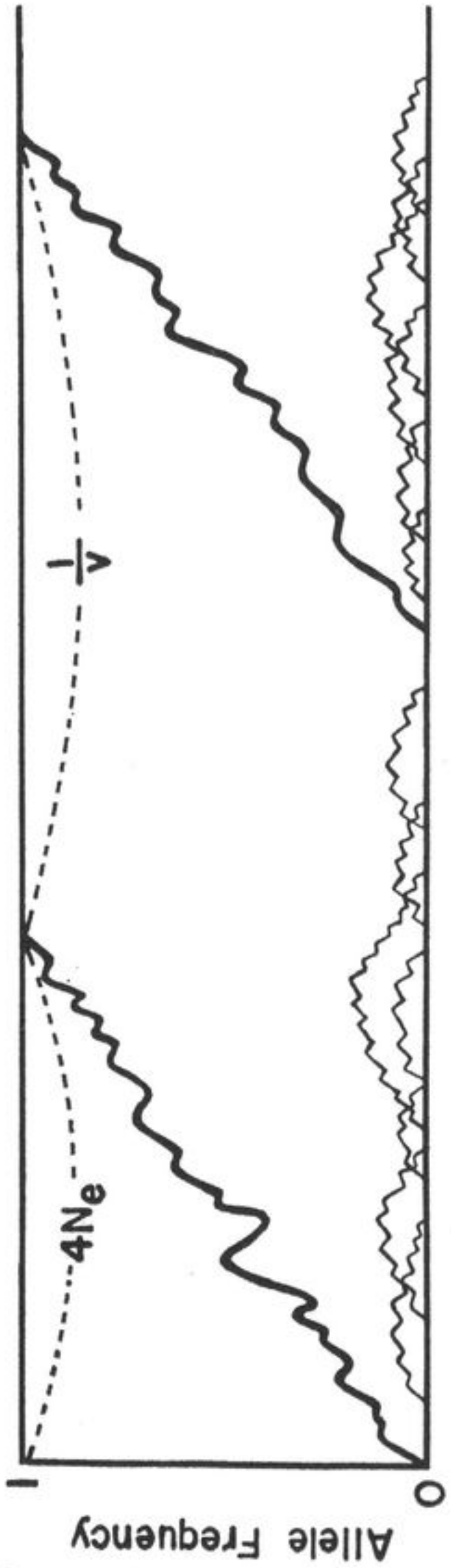


Fig. 4 - Behaviour of mutant alleles in a finite population. Courses of change in the frequency of mutant alleles destined to fixation are shown by thick paths.
Comportamento degli alleli mutanti in una popolazione finita. Le linee di cambiamento delle frequenze degli alleli mutanti destinati alla fissazione sono indicate in grassetto.

La teoria neutrale dell'evoluzione molecolare ed il polimorfismo

MOTOO KIMURA
National Institute of Genetics, Mishima (Japan)

INTRODUZIONE - I

Per molti anni gli studi sull'evoluzione hanno considerato solo strutture visibili degli organismi come ali di uccelli, colli di giraffe, denti di cavalli e simili oltre alle loro funzioni. Il principio guida con cui si interpretavano i cambiamenti evolutivi in tali fenotipi era la teoria di Darwin della selezione naturale o della sopravvivenza del più adatto. Non vi era tuttavia modo di conoscere come la struttura del materiale genetico della evoluzione si cambiasse nel corso della evoluzione.

Con l'avvento della biologia molecolare questa situazione è mutata. Attraverso gli studi comparativi delle sequenze di aminoacidi nelle proteine omologhe di organismi affini (confrontando ad esempio le emoglobine di vertebrati) e attraverso i dati paleontologici, è divenuto possibile valutare le velocità evolutive delle sostituzioni di aminoacidi (*Zuckerkandl* e *Pauling 1965*). Questo ci ha permesso di valutare le frequenze delle sostituzioni dei nucleotidi all'interno dei geni. Tali frequenze potevano così essere estrapolate per stimare il contenuto totale di DNA degli organismi. La cifra risultante era molto elevata e faceva supporre che la frequenza con cui si accumulavano le mutazioni in una specie durante il corso della evoluzione fosse più alta di quanto si era precedentemente pensato (*Kimura 1968a*). Lo sviluppo di nuove tecniche elettroforetiche ci ha permesso di scoprire rapidamente la variabilità degli enzimi negli individui e tali studi hanno evidenziato un'abbondanza di variazioni polimorfiche a livello degli enzimi in molti organismi, facendo così supporre che la variabilità genetica è molto più elevata di quanto non si sia ammesso precedentemente (*Harris 1966*, *Lewontin* e *Hubby 1966*).

Tutti questi nuovi sviluppi ci hanno fornito molte affascinanti osservazioni ma nello stesso tempo hanno sollevato alcuni interrogativi inquietanti. La teoria neutrale della evoluzione molecolare e del polimorfismo, da me proposta nel 1968, era un tentativo di rispondere a questi interrogativi. Con mia sorpresa più che appianare le difficoltà la teoria ha sollevato una accesa discussione pur essendosi a mio avviso accumulate man mano prove a suo favore. La storia della biologia ricorderà l'ultimo decennio come uno dei periodi più agitati nello studio dell'evoluzione.

LO SVILUPPO DELLA TEORIA NEUTRALE E LA DISCUSSIONE DA ESSA SUSCITATA - II

Prima che divenissero disponibili i dati molecolari sembrava che il punto di vista neodarwiniano fosse saldamente fondato. Secondo questa concezione velocità e direzione della evoluzione vengono determinati quasi esclusivamente dalla selezione naturale positiva mentre la deriva genetica casuale (cioè la fluttuazione casuale della frequenza dei geni) svolge un ruolo molto ridotto e marginale.

Il quadro del cambiamento evolutivo che risultava dagli studi molecolari appariva tuttavia incompatibile con tale concezione. Fra gli aspetti salienti che erano emersi vi erano una consistente uniformità delle fre-

quenze di sostituzioni degli aminoacidi per ogni anno e in ciascuna proteina nelle diverse linee, l'evidente casualità nel tipo di sostituzioni e infine l'altissima frequenza totale che ammonta almeno ad una sostituzione di un nucleotide mutante per genoma ogni due anni, se si compie una estrapolazione al materiale del DNA aploide dei mammiferi. Questa stima della frequenza per genoma e per anno risultava essere centinaia di volta più elevata nei mammiferi della ben nota stima fatta precedentemente da *Haldane* (*1957*). La stima di Haldane era basata sul suo accreditato concetto di « costo della selezione naturale » secondo cui alla velocità standard della evoluzione nuovi geni possono essere sostituiti nella specie con la frequenza media di uno ogni 300 generazioni. Considerando ora il problema della variabilità genetica attuale nella specie risultavano nuove importanti osservazioni. Gli studi elettroforetici rivelavano un'inattesa abbondanza di variabilità genetica mostrando un'elevata incidenza di polimorfismi molecolari in un'ampia frazione di *loci* in diversi organismi. Questi polimorfismi non erano tuttavia accompagnati da effetti fenotipici visibili e da una chiara correlazione con le condizioni ambientali. Se questi polimorfismi venivano mantenuti in generale mediante la sovradominanza (vantaggio degli eterozigoti) nei *loci* individuali, mi sembrava che l'ammontare complessivo del carico genetico (cioè le morti dovute alla selezione) che ne risultava doveva essere intollerabilmente elevato per gli organismi superiori.

Queste osservazioni affascinanti ma sconcertanti mi suggerirono durante il 1967 l'idea che una maggioranza delle sostituzioni nucleotidiche nel corso della evoluzione dovesse essere il risultato della casuale fissazione di mutazioni neutrali o quasi neutrali piuttosto che della selezione positiva darwiniana e che molti polimorfismi enzimatici fossero neutrali dal punto di vista della selezione e venissero conservati mediante l'equilibrio fra l'apporto mutazionale e l'estinzione casuale.

Presentai questa tesi nel novembre 1967 a Fukuoka nel Genetic Club Meeting e inviai pure un breve scritto a *Nature* nel mese di Dicembre. che venne pubblicato nel febbraio dell'anno successivo (*Kimura 1968a*). Successivamente nel 1969 un'importante conferma delle mia tesi, con particolare riguardo all'evoluzione molecolare, fu fornita dalla pubblicazione dello scritto dal titolo *Non-Darwinian Evolution* di *King* e *Jukes* (*1969*), che erano giunti autonomamente alla stessa idea corroborandola con una messe di convincenti risultati tratti dalla biologia molecolare. Vorrei qui precisare che mentre *King* e *Jukes* (1969) avevano rivolto scarsa attenzione ai polimorfismi proteici la mia teoria neutrale riguarda anche questo fenomeno. In uno dei miei due scritti del 1968 (*Kimura 1968b*) io presentai infatti una trattazione matematica dettagliata della conservazione della variabilità genetica in una popolazione finita, dovuta alla produzione di isoalleli neutrali o quasi neutrali. Questi scritti segnarono l'inizio di una controversia che si è da allora molto estesa e che continua tuttora. I pro e i contro della teoria neutrale (o più precisamente dell'ipotesi della deriva casuale della mutazione neutrale) sono stati discussi in vari incontri scientifici e in varie pubblicazioni (si veda ad esempio *Trends in Biochemical Sciences* I: N152-N154). La controversia fra neutralisti e 'selezionisti' è stata ben documentata da *Crow* (*1972*), *Calder* (*1973*) e *Lewontin* (*1974*). Un eccellente libro che tratta i problemi dell'evoluzione molecolare e del polimorfismo dal punto di vista della genetica delle popolazioni è stato pubblicato da *Nei* (*1975*). Fra le pubblicazioni più recenti il libro edito da *Ayala* (*1975*) contiene alcuni articoli interessanti sull'argomento insieme ad altri articoli di dubbia qualità. L'essenza della tesi selezionista è che ogni sostituzione evolutiva di aminoacidi e di nucleotidi è praticamente dovuta ad una selezione positiva darwiniana. In altre parole tali cambiamenti si diffonderebbero nella specie solo per i loro effetti vantaggiosi per la sopravvivenza e la riproduzione degli organismi che li possiedono.

Vorrei mettere in rilievo il fatto che sia i neutralisti che i selezionisti hanno in genere condiviso lo stesso punto di vista riguardo alla notevole importanza della selezione negativa; concordano entrambi sul fatto che mutazioni nocive sono numerose e che questi mutanti tendono ad essere eliminati dalla selezione negativa e non danno quasi alcun contributo né al polimorfismo né alla evoluzione molecolare. Un'eccezione importante a questo generale convincimento è la teoria di *Ohta* (*1973, 1974*) secondo cui i mutanti con effetti esiguamente nocivi sono comuni e sotto la pressione mutazionale essi contribuiscono in modo rilevante sia al polimorfismo molecolare che all'evoluzione. È una sfortuna che una singola parola come selezione sia spesso usata senza precisare di quale selezione si tratti (se positiva o negativa) e che l'esistenza della selezione negativa sia usata per confutare la teoria neutrale.

NOTA SULLA DERIVA GENETICA CASUALE - III

La teoria neutrale sostiene che la maggioranza dei mutanti che partecipano alla evoluzione molecolare ed anche i polimorfismi sono selettivamente neutrali e che il loro destino è ampiamente determinato dalla deriva genetica casuale. Con il termine deriva genetica casuale io intendo una casuale fluttuazione delle frequenze geniche in una popolazione, causata da un campionamento casuale dei gameti nella riproduzione. In ogni specie che si riproduce sessualmente il numero totale degli individui non solo è finito ma può anche essere considerato un campione casuale scelto da una collezione molto più ampia di gameti maschili e femminili (o *pool* genetico) prodotti dalla generazione parentale. L'ammontare della fluttuazione nelle frequenze geniche (cioè la proporzione dei vari geni allelici) è considerato tanto più grande quanto più piccola è la popolazione.

La fig. 1 illustra un processo di deriva casuale in base al modello di una popolazione consistente di quattro individui. In questo esempio illustrato la frequenza dell'allele 'nero' cambia da 4/8 (cioè il 50%) a 3/8 (cioè il 37,5%) in una generazione per puro caso. Il processo di deriva casuale può anche essere illustrato come nella figura 2 dove diverse linee di cambiamento ('vie di campionamento') nella frequenza genica sono indicate a partire dal 50%. In questa figura l'ascissa rappresenta il tempo (in generazioni) e l'ordinata la frequenza genica.

Il numero degli individui, nelle popolazioni naturali, costituenti una comunità riproduttiva totale (specie) è di solito molto più grande di quanto si sia assunto nella fig. 1, per quanto il numero degli individui che si riproducono possa essere considerevolmente più piccolo del numero apparente. Con un intervallo di tempo sufficiente il caso (nel la forma della deriva casuale) finirà tuttavia col prevalere determinando il destino degli alleli individuali mutanti, se essi sono selettivamente neutrali. Se noi consideriamo una popolazione con accoppiamento casuale consistente di N_e individui procreanti per generazione (la lettera e in N indica che esso si riferisce al 'numero effettivo' invece che al numero attuale N) allora si ha un ben noto risultato della genetica di popolazione (*Kimura* e *Ohta 1969*) per cui occorrono mediamente $4\,N_e$ generazioni perché un mutante 'neutro' raggiunga la fissazione partendo da una frequenza molto bassa (escludendo i casi in cui un allele mutante si perda casualmente prima della fissazione). In tale modo in una popolazione di $N_e = 10^5$ un mutante destinato alla fissazione impiega per giungervi quattrocentomila generazioni. La maggior parte delle mutazioni d'altro lato vengono perse casualmente dalla popolazione in un piccolo numero di generazioni (una decina circa).

ALCUNE VALUTAZIONI DI FREQUENZE EVOLUTIVE A LIVELLO MOLECOLARE - IV

Esaminiamo ora con quale velocità le mutazioni si sono accumulate nel gene nel corso effettivo dell'evoluzione. Il procedimento più in uso nell'ultimo decennio per lo studio dell'evoluzione molecolare è quello di confrontare le sequenze di aminoacidi di una

proteina omologa in organismi affini. Ciò ci permette di valutare la velocità della evoluzione in termini di sostituzioni mutanti che causano un cambiamento di aminoacidi. Prendiamo come esempio la catena α della emoglobina consistente nei mammiferi di 141 aminoacidi. La figura 3 illustra la filogenesi di alcuni vertebrati con i loro tempi di divergenza. La figura mostra anche il numero delle differenze in aminoacidi rilevato dallo studio comparativo della emoglobina α nella carpa e in tre specie di mammiferi (topo, cavallo e uomo). Una frequenza approssimativa delle sostituzioni di aminoacidi nell'evoluzione può essere valutata notando che i numeri delle differenze in aminoacidi fra questi tre mammiferi sono circa venti essendosi avuta fra di essi una divergenza che risale a circa 80 milioni di anni fa. Più precisamente dai circa 140 siti iniziali degli aminoacidi si sono accumulate circa 20 differenze nell'una o nell'altra delle due linee (ad esempio quella che conduce al cavallo e quella che conduce all'uomo), le quali si sono separate circa 80 milioni di anni fa. In tal modo la frequenza di accumulazione dei mutanti che causa il cambiamento in aminoacidi nella emoglobina α è all'incirca

$$20/140 \div (8 \times 10^7) \div 2 \quad ,$$

o $0{,}89 \times 10^{-9}$ per anno per sito di aminoacido nei mammiferi. Si osservi che ogni confronto si riferisce a due linee; per questo motivo dividiamo per due nel calcolo sopra indicato.

Per quanto questo metodo di stima sia accettabile quando il numero dei differenti siti di aminoacidi è piccolo (1/7 nell'esempio sopra riportato) esso tuttavia non prende in considerazione la possibilità di cambiamenti simultanei che risultino negli stessi siti di aminoacidi delle due linee messe a confronto. Con tale metodo un duplice cambiamento di questo tipo (quando si verifica) viene calcolato come una singola sostituzione di aminoacido cosicché la sottostima risulta considerevole a meno che il numero delle differenze di aminoacidi sia piccolo. Una correzione che tenga conto di un tale duplice (o molteplice) cambiamento si ottiene usualmente con un metodo statistico che si rifà alla legge di Poisson. Spiegherò la cosa prendendo come esempi i confronti fra carpa e mammiferi. Dalla figura 3 osserviamo che il numero delle differenze in aminoacidi fra la carpa e qualunque dei tre mammiferi è circa 70, il che ammonta a circa la metà del totale dei siti di aminoacidi in questione. In altri termini il numero dei siti di aminoacidi differenti è il 50%. Sia m il numero medio delle sostituzioni di aminoacidi per sito nelle due linee omologhe messe a confronto, allora dalla legge di Poisson risulta e^{-m} essere la probabilità che nessuna sostituzione si verifichi in un dato sito di aminoacido. Così se P_d è il numero (frazione) dei siti differenti allora $1 - e^{-m} = P_d$. Nell'esempio sopra riportato $Pd = 0{,}5$ cosicché $m = -\log_e \times (1 - P_d) = 0{,}69$. Allora la frequenza di sostituzione degli aminoacidi per sito per anno può essere ottenuto dividendo questo valore per il doppio del tempo decorso dal momento della divergenza della carpa e dei mammiferi. Tenendo presente che l'antenato comune della carpa e dei mammiferi risale al periodo devoniano (cioè a 350-400 milioni di anni fa) otteniamo $0{,}92 \times 10^{-9}$ che è molto vicino al valore ottenuto sopra confrontando le tre specie di mammiferi. Ciò conduce a supporre che il tasso di sostituzioni di aminoacidi nella catena di emoglobina α nel corso della evoluzione dei vertebrati sia piuttosto uniforme fra le varie linee e che il valore caratteristico sia all'incirca 10^{-9} per sito di aminoacido per anno. In questo modo se noi indichiamo la frequenza di sostituzione di aminoacidi per sito con k_{aa} allora $k_{aa} \approx 10^{-9}$ per l'emoglobina α.

La tavola 1 elenca i valori di k_{aa} per diverse proteine. Questi sono ripresi dalla tavola 6-1 di *MacLaughlin* e *Dayhoff* (*1972*) che elenca 21 stime per varie proteine (vedi tavola 1 a pag. 721).

La frequenza più elevata è quella dei fibrinopeptidi ($k_{aa} = 9 \times 10^{-9}$ in questa tavola) mentre quella più bassa è quella dell'istone IV ($k_{aa} = 0{,}006 \times 10^{-9}$). La tavola di Mc-

Laughlin e Dayhoff mostra che la frequenza media è rappresentata dalla mioglobina ($k_{aa} = 1{,}3 \times 10^{-9}$) che non differisce molto dalla media aritmetica $\overline{k}_{aa} = 2{,}0 \times 10^{-9}$ calcolata dalla loro tavola.

Queste valutazioni riguardano solo la frequenza di sostituzioni mutanti per la frazione di DNA che codifica le proteine. Vi è tuttavia la possibilità che una tale frazione costituisca una piccola parte del DNA nei mammiferi, così che le valutazioni sopra indicate non costituiscano cifre indicative per tutto il genoma. Appare infatti evidente che la frequenza attuale delle sostituzioni mutanti per assetto cromosomico aploide sia elevata: la velocità della divergenza evolutiva delle sequenze non ripetitive di DNA, valutata mediante la tecnica della ibridazione (*Kohne 1970*) è maggiore di quella della maggioranza delle proteine allorché la frequenza sia espressa per siti di nucleotidi ed è all'incirca uguale a quella del fibrinopeptide.

GENETICA DI POPOLAZIONE NELLE SOSTITUZIONI MUTANTI - V

Per la nostra discussione sul meccanismo della evoluzione molecolare è essenziale che si ponga una netta distinzione fra mutazione al livello individuale e sostituzione mutante al livello di popolazione. Il processo della evoluzione molecolare consiste di una sequenza di eventi in cui mutanti rari aumentano la loro frequenza e si diffondono nella specie sino a raggiungere uno stato di fissazione (100% della frequenza). La figura 4 mostra il comportamento di alleli mutanti dopo la loro comparsa in una popolazione finita. Gran parte di tali mutanti, compresi quelli dotati di un esiguo vantaggio selettivo, vengono persi dalla popolazione in un piccolo numero di generazioni. Solo una minima parte può diffondersi in tutta la popolazione sino a raggiungere la fissazione; per questo si richiede un periodo di tempo molto lungo ($4N_e$ generazioni nel caso di alleli neutrali).

Consideriamo ora la sequenza di eventi con cui i geni mutanti vengono sostituiti l'uno dopo l'altro nella popolazione nel corso del tempo. Indichiamo con k la frequenza di sostituzione mutante per unità di tempo (anno, generazione, ecc.). Poiché ogni sostituzione può richiedere un lungo periodo di tempo la frequenza dovrebbe essere misurata con una media di lungo termine. La frequenza di sostituzione così definita è indipendente dalla rapidità con cui i mutanti individuali si diffondono nella popolazione. Ciò che conta è l'intervallo medio fra le fissazioni consecutive.

Consideriamo un *locus* genico (o parte di esso) e sia v la frequenza di mutazione per gamete e per una particolare classe di mutanti (ad esempio una classe neutra). Sia inoltre u la probabilità della fissazione definitiva di un mutante individuale. Cioè la probabilità che un mutante individuale comparso nella popolazione finisca col diffondersi in essa raggiungendo la frequenza del 100%. Se assumiamo che ogni mutante sia rappresentato solo una volta al momento della comparsa, allora noi abbiamo la seguente formula:

$$k = 2Nvu \quad . \qquad (1)$$

Questa è basata sulla considerazione che in una popolazione di N individui $2Nv$ nuovi mutanti compaiano per unità di tempo (ad esempio in ogni generazione) di cui la frazione u alla fine si diffonda in tutta la popolazione. Se il mutante è selettivamente neutrale non è difficile vedere che la probabilità della fissazione definitiva è uguale alla frequenza iniziale, cioè $1/(2N)$. Perciò dall'equazione 1 abbiamo

$$k = v \quad . \qquad (2)$$

Ciò dice semplicemente che la velocità della evoluzione in termini di sostituzioni mutanti nella popolazione è uguale alla frequenza di mutazione per gamete. Ciò si applica al cambiamento evolutivo dovuto alla accumulazione di mutanti neutrali. Tale cambiamento dovrebbe essere indipendente dall'ambiente.

D'altro lato se i mutanti sono definitivamente vantaggiosi, con un vantaggio selettivo s rispetto all'allele preesistente, allora usando

un ben noto risultato relativo alla probabilità della fissazione di un gene nella genetica di di popolazione (*Crow* e *Kimura 1971*, p. 426) si ha $u = 2\,s\,N_e/N$ e quindi

$$k = 4\,N_e\,s\,v \quad . \qquad (3)$$

La situazione è perciò più complicata quando il cambiamento è dovuto all'accumulazione di mutazioni selettivamente vantaggiose. Più precisamente la velocità dell'evoluzione è determinata dal prodotto della dimensione effettiva della popolazione, del vantaggio selettivo e della frequenza di mutazione. Ci si dovrebbe quindi attendere che k dipenda fortemente dall'ambiente in cui è posta la specie, risultando più elevato per una specie a cui si offra una nuova opportunità ecologica e invece più basso per le specie in un ambiente stabile.

DUE ASPETTI CARATTERISTICI DELLA EVOLUZIONE MOLECOLARE - VI

Gli studi sulla evoluzione molecolare hanno evidenziato diverse caratteristiche di cui sono meritevoli di particolare attenzione le seguenti due. 1) Per ogni proteina la velocità dell'evoluzione in termini di sostituzioni di aminoacidi è approssimativamente costante per sito e per anno nelle varie linee sin quando la funzione e la struttura terziaria rimangono sostanzialmente inalterate. 2) Le molecole o le parti di molecole che sono soggette a un minor impegno funzionale evolvono più rapidamente (in termini di sostituzioni mutanti) di quelle che sono soggette ad un maggior impegno funzionale (*Kimura* e *Ohta 1974*). Fra le varie proteine esaminate sinora la costanza della velocità della evoluzione è probabilmente più netta nelle globine. Ho già accennato che la frequenza della sostituzione di aminoacidi nella catena α delle emoglobine è approssimativamente 10^{-9} per sito per anno e che la frequenza è sorprendentemente uniforme nelle diverse linee di vertebrati. Come è ben noto la molecola di emoglobina nei pesci ossei e nei vertebrati superiori è un tetramero consistente di due α catene identiche e di due identiche β catene. Ambedue le catene hanno sostanzialmente la stessa struttura terziaria e presentano all'incirca la stessa velocità d'evoluzione. Esse sono derivate da una duplicazione genica seguita da una differenziazione compiutasi mediante l'accumulazione di mutazioni indipendenti. Vorrei discutere come esempio significativo della uniformità della velocità di evoluzione il significato della tavola 2 dove la divergenza fra le catene α e β dell'emoglobina umana è confrontata alla divergenza fra la α catena della carpa e la β catena dell'uomo. Poiché le catene nell'uomo e nella carpa differiscono fra loro di circa il 50% per i siti di aminoacidi, la tavola suggerisce che le α catene nelle due linee separate, quella che conduce alla carpa e quella che conduce all'uomo, hanno accumulato mutazioni indipendentemente l'una dall'altra e praticamente alla stessa frequenza nell'arco di circa 400 milioni di anni. Da questi confronti la frequenza di sostituzioni in aminoacidi risulta essere approssimativamente $k_{aa} = 0{,}9 \times 10^{-9}$ per anno, in accordo quindi con le stime ottenute confrontando le α catene nei mammiferi. (Vedi tavola 2 a pag. 721).

La non costanza della velocità di evoluzione nelle globine è stata recentemente posta in rilievo da Goodman e collaboratori (1974) i quali hanno criticato la tesi da me sostenuta dell'esistenza di una costanza, asserendo che nei miei procedimenti di stima ho omesso di considerare le mutazioni multiple. Il loro metodo consiste in una prima stima del numero delle sostituzioni mutanti usando il principio della 'massima parsimonia' e poi modificando le stime, a volte in misura enorme, con la loro 'procedura di aumento'. Prenderò come esempio il cambiamento evolutivo della emoglobina lungo le due linee che conducono alla carpa e all'uomo movendo dal loro comune antenato 400 milioni di anni fa. Secondo Goodman e collaboratori, il numero delle mutazioni accumulate lungo la linea che conduce alla carpa ammonta a 64 mentre il numero corrispondente accumulato lungo la linea che conduce all'uomo ammonta a 56, ambedue stimati secondo il metodo della massima parsi-

monia (vedi figura 2 di *Goodman e coll. 1974*). Questi due numeri non indicano certamente che le frequenze effettive di sostituzioni mutanti sono in modo significativo differenti nelle due linee. Gli autori modificano poi questi valori aumentando di 48 le mutazioni per la linea che conduce alla carpa e di 33 le mutazioni per la linea che conduce all'uomo.

Le stime finali delle sostituzioni mutanti risultano così essere 112 e 89 per le due linee (si veda la loro figura 6). Pur non essendovi riguardo a queste stime[1] errori statistici (almeno di un certo peso) colpisce a mio avviso più la somiglianza che la differenza fra le due frequenze evolutive. Tale somiglianza è in netto contrasto con le velocità di evoluzione totalmente differenti a livello di 'organismo' nelle due linee; l'una è rimasta allo stato di pesce osseo per 400 milioni di anni mentre l'altra è passata attraverso tutti gli stadi di trasformazione dal pesce osseo all'uomo. In rapporto alla uniformità delle velocità di evoluzione a livello molecolare io ho proposto (*Kimura 1969*) che qualora le emoglobine e altre proteine mostrino la stessa frequenza di sostituzioni di aminoacidi in 'fossili viventi' e in specie a rapida evoluzione, ciò debba essere addotto a sostegno della mia teoria neutrale.

Langley e *Fitch* (*1974*) hanno ugualmente messo in rilievo la non costanza della velocità di evoluzione molecolare concludendo che « una gran parte delle sostituzioni di aminoacidi osservate furono fissate selettivamente e presumibilmente riflettono cambiamenti ambientali ». Usando un procedimento di massima verosimiglianza essi analizzavano la variazione della velocità di evoluzione nei rami di un albero filogenetico che comprende simultaneamente l'evoluzione delle emoglobine α e β del citocromo *c* e del fibrinopeptide *A*. Essi hanno riscontrato che la variazione delle velocità di evoluzione nei differenti rami (« fra le gambe delle proteine») è significativamente più elevata di quanto ci si possa aspettare per effetto del puro caso con un valore χ^2 circa doppio dei suoi gradi di libertà. Dal momento che il valore di χ^2 atteso è uguale ai suoi gradi di libertà i loro risultati indicano che la variazione della velocità di evoluzione in termini di sostituzioni mutanti fra le linee è due volte più elevata di quella attesa per effetto del caso. Un risultato sostanzialmente identico fu ottenuto precedentemente da *Ohta* e *Kimura* (*1971*) i quali riscontrarono, usando dati relativi a emoglobine e citocromo *c*, che la varianza osservata nelle frequenze evolutive in linee di mammiferi è all'incirca da 1,5 a 2,5 volte la varianza attesa. Nello stesso tempo *Langley* e *Fitch* (*1974*) mostrano che quando i numeri stimati delle sostituzioni mutanti sono disposti in raffronto ai dati geologici corrispondenti (in anni) essi si collocano elegantemente su una linea dritta indicando suggestivamente l'uniformità del tasso evolutivo! (vedi la figura 6). Le sole eccezioni sono tre punti osservati per i primati. È possibile che il lento tasso evolutivo dei primati sia dovuto in parte ad un tempo più lungo delle generazioni (*Ohno 1970*) che abbassa in una certa misura la frequenza di mutazione per anno.

A mio avviso dare rilievo a fluttuazioni locali quale prova contraria alla teoria neutrale e nello stesso tempo trascurare l'indagine del perché la frequenza sia intrinsecamente così regolare (cioè uniforme) costituisce un atteggiamneto fuorviante. La costanza ben approssimata della velocità di evoluzione molecolare, come io sostengo, deve riflettere il fatto che esiste un'intrinseca velocità di evoluzione caratteristica di ogni proteina nella misura in cui la sua funzione e la sua struttura terziaria rimangono essenzialmente inalterate. È possibile ed effettivamente probabile che vi sia un delicato spostamento dei vincoli molecolari man mano che i nuovi aminoacidi vengono sostituiti l'uno all'altro nel corso dell'evoluzione. In questo processo la probabilità che un cambiamento mutativo sia selettivamente neutro può in un certa misura fluttuare attorno alla sua media caratteristica ma tale fluttuazione è estremamente ristretta, sin quando la funzione e la struttura terziaria della molecola permangono sostanzialmente identiche. Solo nel caso in cui queste ultime vengono radicalmente mo-

dificate, e in particolare quando viene rimosso il vincolo esistente, le mutazioni cominciano effettivamente ad accumularsi ad una frequenza molto elevata come si ha ad esempio nella rapida evoluzione della insulina nella cavia (*Kimura* e *Ohta 1974*).

Consideriamo ora la seconda caratteristica della evoluzione molecolare. È risultato sempre più chiaro che tanto più debole è il vincolo funzionale a cui è soggetta una molecola (o una parte di essa), tanto più elevata è la velocità nella sua evoluzione in termini di sostituzioni mutanti. Come abbiamo già accennato la frequenza delle sostituzioni più alta sinora nota nelle proteine è rappresentata dai fibrinopeptidi con $k_{aa} = 9 \times 10^{-9}$ per anno (vedi la tavola 1). Per questa proteina si è ottenuta una stima alquanto più bassa di $k_{aa} = 4{,}5 \times 10^{-9}$ (*Barnard e coll. 1972*). È interessante osservare che i fibrinopeptidi, le molecole che evolvono più rapidamente, hanno una funzione poco conosciuta, dopo che si separano dal fibrinogeno nel coagulo sanguigno. Un analogo esempio è costituito dal segmento intermedio (*C*) della molecola di proinsulina. Questa parte viene rimossa quando si forma la insulina attiva e si sa che questa parte si evolve con una frequenza di $k_{aa} = 4{,}4 \times \times 10^{-9}$ che è all'incirca 10 volte più elevata di quella dell'insulina (*Kimura* e *Ohta 1972a*). Altri esempi di questo tipo verranno forniti in futuro poiché il ritaglio di una molecola di precursore, nella produzione di una forma funzionalmente attiva, sembra essere un fenomeno comune. Il rapporto fra vincolo funzionale e velocità dell'evoluzione è stato elegantemente illustrato da *Dickerson* (*1971*) usando quattro molecole nel seguente modo. Nei fibrinopeptidi virtualmente ogni cambiamento di aminoacidi (sostituzione mutante) che permetta ai peptidi di essere rimossi è 'accettabile' per la specie. In tal modo la frequenza di sostituzione evolutiva degli aminoacidi può essere molto prossima alla frequenza della effettiva mutazione. Le emoglobine, proprio perché investite di una precisa funzione nel trasporto dell'ossigeno e dotate quindi di una più rigida specificità rispetto ai fibrinopeptidi, presentano una velocità di evoluzione più bassa. Il citocromo *c* interagisce con le ossidasi e le reduttasi del citocromo tutte e due più grandi di esso e vi è un vincolo funzionale più forte nel citrocromo *c* che nelle emoglobine. L'istone IV si lega al DNA nel nucleo e si ritiene controlli l'espressione dell'informazione genetica. È del tutto probabile che una proteina così prossima al sistema di immagazzinamento dell'informazione genetica sia altamente specifica, con un piccolo cambiamento evolutivo lungo miliardi di anni. Tutti questi esempi rafforzano l'ipotesi che la selezione naturale (soprattutto nella forma di selezione negativa) agisca in rapporto alla funzione della proteina ripiegata ma non in rapporto alla stessa sequenza degli aminoacidi. Un'analoga relazione fra vincolo funzionale e velocità dell'evoluzione vale anche per diverse parti entro le molecole di emoglobina. È noto (*Perutz* e *Lehman 1968*) che nelle emoglobine la parte superficiale generalmente ha meno vincoli nel conservare la struttura e la funzione delle molecole di quanto accada per il gruppo dell'eme che è di importanza vitale. Noi (*Kimura* e *Ohta 1973*) abbiamo mostrato che sia nella emoglobina α che in quella β la parte superficiale evolve 10 volte più rapidamente del gruppo dell'eme. Un ulteriore esempio che risulta interessante in questo contesto è la sequenza 15-24 della ribonucleasi pancreatica che evolve ad una velocità molto elevata di $k_{aa} = 8{,}5 \times 10^{-9}$ paragonabile alle parti rapidamente evolventi dei fibrinopeptidi. Secondo *Barnard e coll.* (*1972*) questa « ipervariabilità » può essere correlata al fatto che questa parte non contribuisce né all'attività enzimatica né alla conservazione della struttura richiesta per tale attività. Oltre a quelli sulle frequenze di sostituzione degli aminoacidi negli ultimi anni si sono avuti dati sulle frequenze di sostituzione dei nucleotidi. A causa della degenerazione del codice genetico gran parte (circa il 70%) delle sostituzioni casuali di nucleotidi nella terza posizione del codone non producono cambiamenti di aminoacidi (sono cioè sinonimi). Dal momento che la selezione naturale agisce attraverso la funzione della

proteina ci si può attendere che tali cambiamenti siano soggetti ad una selezione naturale molto più debole, se mai lo siano, dei cambiamenti di nucleotidi che producono sostituzioni di aminoacidi. Ciò significa, nel caso sia valida la teoria neutrale, che la frequenza di sostituzioni mutanti nelle terze posizioni del codone deve essere molto elevata come accade nei fibrinopeptidi e in altre molecole. Più avanti mostrerò che dagli studi comparativi delle sequenze di RNA messaggero (mRNA) si possono ottenere stime affidabili sulle terze posizioni del codone e che tali stime concordano molto bene con l'impostazione della teoria neutrale (*Kimura 1977*).

Una comunicazione molto interessante ci viene da *Salser e coll.* (*1976*) che hanno confrontato parti omologhe di frammenti delle sequenze di RNA messaggeri delle emoglobine di uomo e coniglio. È risultato che di 53 posizioni nucleotidiche che è stato possibile confrontare, vi erano sei differenze nelle basi di cui solo una portava ad una differenza di aminoacido. La loro tavola 3 indica che fra 17 terze posizioni nucleotidiche del codone che possono essere comparate fra le due specie vi sono 5 differenze nucleotidiche. Ciò significa che il rapporto osservato fra le differenze dei nucleotidi in terza posizione è di 5/17. Per poter valutare in base a questo il numero delle sostituzioni nucleotidiche per sito (K) che si sono verificate nel corso dell'evoluzione, da quando si è avuta le divergenza nelle linee del coniglio e dell'uomo, io uso la formula

$$K = -\frac{3}{4}\log_e\left(1 - \frac{4}{3}\lambda\right) , \qquad (4)$$

dove λ è il rapporto osservato fra i siti in cui le due sequenze differiscono l'una dall'altra. K stimato con questa formula include le sostituzioni mutanti sovrapposte e revertite (*Jukes* e *Cantor 1969*, *Kimura* e *Ohta 1972b*). Si noti che essendovi solo quattro tipi di basi nucleotidiche anche due sequenze di RNA non affini se confrontate possono ugualmente concordare nel 25% dei siti. La frequenza delle sostituzioni nucleotidiche per sito e per anno può allora essere ottenuto con $k_{nuc} = K/(2\,T)$ dove T è il tempo in anni dalla divergenza delle due linee. L'errore standard (σ_k) di K può essere calcolato usando la formula

$$\sigma^2_k = \frac{\lambda\,(1-\lambda)}{L\,(1-\frac{4}{3}\lambda)^2} \qquad (5)$$

dove L è il numero di siti nucleotidici per sequenza (*Kimura* e *Ohta 1972b*). Nel caso in cui $\lambda = 5/17$, $T = 8 \times 10^7$ e $L = 17$ noi otteniamo $K = 0{,}373 \pm 0{,}182$ cosicché $K_{nuc} = (2{,}3 \pm 1{,}1) \times 10^{-9}$ (per anno). Questa è una velocità d'evoluzione molto alta paragonabile a quella dei fibrinopeptidi. In effetti la velocità d'evoluzione dei fibrinopeptidi, cioè $k_{aa} = (4 \sim 9) \times 10^{-9}$, se trasformata nelle velocità di sostituzione nucleotidica risulta essere $k_{nuc} = (1{,}8 \sim 4{,}0) \times \times 10^{-9}$. Trasformando la frequenza di sostituzioni degli aminoacidi nella frequenza di sostituzione nucleotidica notiamo che ogni codone consiste di tre posizioni nucleotidiche e che la probabilità di un cambiamento casuale dei nucleotidi entro il codone in grado di causare un cambiamento di aminoacido è all'incirca 3/4. Inoltre un confronto diretto del fibrinopeptide A nell'uomo e nel coniglio dà $k_{aa} = 5{,}2 \times 10^{-9}$ che comporta $k_{nuc} = 2{,}3 \times 10^{-9}$.

I calcoli ora indicati indicano che nei cistroni che codificano per le catene α e β dell'emoglobina, la frequenza delle sostituzioni mutanti è molte volte più elevata nella terza posizione del codone che nelle posizioni prima e seconda e che la frequenza della terza posizione è grosso modo identica alla frequenza del fibrinopeptide A (in termini di sostituzioni mutanti per siti nucleotidici). Un'analoga ma più interessante comunicazione ci viene da *Grunstein e coll.* (*1976*) che hanno potuto confrontare le sequenze dell'RNA messaggero dell'istone $H4$ (cioè l'istone IV) di due specie di riccio di mare, *S. purpuratus* e *L. pictus*. È ben noto che l'istone IV è di gran lunga la proteina più conservata. La loro comunicazione mostra dunque che ciononostante una gran quantità di cambiamenti sinonimi si sono verificati nel corso dell'evoluzione nella codificazione di

questa proteina. La tavola 3 ci illustra a parte la comparazione (riportata da *Grunstein e coll. 1976*, (vedi tavola 3 a pag. 721). Dalla loro tavola 3 riscontriamo che di 84 siti nucleotidici che possono essere confrontati nelle sequenze dei messaggeri delle due specie, vi sono dieci differenze di basi di cui nove sono situate nelle terze posizioni del codone. Vi sono attualmente posizioni nucleotidiche terze che possono essere confrontante in queste due specie e vi sono 9 differenze nucleotidiche. Così nel caso sia $\lambda = 9/27$ e $L = 27$ nelle equazioni sopra indicate (4) e (5) otteniamo $K = 0{,}440$ e $\sigma_k = 0{,}163$. Secondo Grunstein e coll. questi ricci di mare avevano un antenato comune approssimativamente 6×10^7 anni or sono. Assumendo perciò $T = 6 \times 10^7$ otteniamo $k_{nuc} = (3{,}7 \pm 1{,}4) \times 10^{-9}$ quale stima della frequenza evolutiva media nella posizione nucleotidica terza del codone nel gene dell'istone *H*4. È da notare come sostituzioni mutanti sinonime si siano verificate in questo gene alla frequenza più elevata che si conosca nonostante il fatto che le sostituzioni di aminoacidi si siano verificate nella proteina corrispondente con la frequenza più bassa che si conosca. Queste osservazioni confortano la mia originaria previsione (*Kimura 1968b*) secondo cui la maggioranza delle sostituzioni mutanti sinonime sono selettivamente neutrali.

LE INTERPRETAZIONI NEUTRALISTICHE - VI

Vorrei ora mostrare come le osservazioni precedenti, particolarmente quelle concernenti la relazione fra i vincoli funzionali e la velocità dell'evoluzione molecolare, possano essere spiegate in modo molto semplice ed adeguato con la teoria neutrale.

Assumiamo che una certa frazione f_o dei mutanti molecolari sia selettivamente neutrale e che il resto dei mutanti sia definitivamente nocivo. Pur verificandosi indubbiamente delle mutazioni di tempo in tempo vantaggiose assumiamo che la loro frequenza sia trascurabile nel determinare le velocità d'evoluzione quali vengono stimate con gli studi comparativi delle sequenze di aminoacidi e di nucleotidi. Se indichiamo con v_T la frequenza di mutazione totale allora le frequenze di mutazione per alleli neutrali è $v = v_T f_o$, cosicché dall'equazione (2) otteniamo

$$k = v_T f_o \qquad (6)$$

È inutile dire che se k è espressa come la frequenza per sito in una data molecola, allora v_T deve egualmente essere espressa per sito.

Assumiamo ora che la probabilità che un cambiamento evolutivo sia neutrale (cioè non nocivo) dipenda in modo rilevante da vincoli funzionali. Precisamente più debole è il vincolo funzionale, maggiore è la probabilità f_o che un cambiamento casuale sia neutrale, con il risultato che k nella equazione precedente aumenti. Secondo questa interpretazione la velocità d'evoluzione massima viene raggiunta quando $f_o = 1$, cioè quando tutte le mutazioni sono neutrali (ammettendo che v_T per sito sia la stessa in differenti molecole). A mio avviso le frequenze evolutive più elevate si osservano nella terza posizione del codone o in prossimità di questo limite. Anche le frequenze evolutive rilevate per i fibrinopeptidi e le sequenze 15-24 delle ribonucleasi pancreatiche non sono lontane da questi limiti. La frequenza evolutiva ($k_{aa} = 8{,}5 \times 10^{-9}$) calcolata per queste ultime da *Barnard e coll.* (*1972*) se trasformata nelle frequenza di sostituzione nucleotidica è quasi eguale alla frequenza delle sostituzioni sinonime nell'istone IV (salvo per errori nel calcolo).

Questi autori hanno tuttavia richiamato l'attenzione sul fatto che le composizioni in aminoacidi di questo segmento non coincidono con la composizione ideale casuale. Questo fatto suggerisce l'ipotesi che in questa regione esistono ancora restrizioni riguardo a quali aminoacidi sono usati per una sostituzione evolutiva. A mio avviso la restrizione effettiva (in termini di riduzione di f_o) non può essere tanto grande quanto appare. In primo luogo l'ampiezza del campione esaminato è molto ridotta così che la deviazione statistica deve essere molto

ampia. In secondo luogo il codice genetico è disposto in modo tale che la sostituzione di un singolo nucleotide di solito conduce ad aminoacidi simili, cosicché, anche se l'insieme degli aminoacidi disponibili è alquanto ristretto, rimane ancora molto spazio per un ricambio mutazionale di nucleotidi entro i limiti disponibili. Mi sembra che nel caso del fibrinopeptide *A* il valore attuale di f_0 può giungere almeno a 0,7.

A questo proposito l'osservazione di *Fitch* (*1976*) sulle frequenze della sostituzione mutante per 'covarione' (cioè codoni varianti in modo concomitante) di varie proteine è rivelatrice. Egli ha calcolato i tassi per covarione di sei proteine (fibrinopeptide *A*, ribonucleasi, insulina *C*, emoglobine α e β, citocromo *c*) e ha ottenuto valori che sono molto simili fra loro con un valore medio $k_{aa} = 4{,}1 \times 10^{-9}$ per covarione per anno. Dal punto di vista della teoria neutrale i covarioni possono essere interpretati come quei siti di aminoacidi che possono accettare mutazioni neutrali in un dato momento nel corso dell'evoluzione. In altri termini per una data proteina la frazione di covarioni è uguale a f_0 nella precedente equazione, almeno in senso approssimativo.

La teoria neutrale predice che man mano che diminuisce il vincolo funzionale la frequenza evolutiva converge verso il valore massimo costituito dalle frequenza di mutazione totale. Se una tale *convergenza* (disposizione a *plateau*) *delle frequenze evolutive molecolari* sarà confermata dagli studi futuri, essa verrà a costituire una prova importante a favore della teoria neutrale.

OSSERVAZIONI CONCLUSIVE - VII

Un merito effettivo della teoria neutrale è il fatto che essa ci permette di formulare un certo numero di predizioni quantitative che possono essere controllate da effettive osservazioni. Ciò non si applica solo alla evoluzione molecolare, che abbiamo soprattutto discusso in questo articolo, ma anche alle variazioni genetiche attuali a livello molecolare (cioè ai polimorfismi molecolari). Di recente si è dimostrato ad esempio da parte di Nei e collaboratori (*Fuerst, Chakraborty* e *Nei, 1977*) che la varianza fra *loci* nell'eterozigosi può essere predetta in modo piuttosto accurato dalla teoria neutrale usando osservazioni sulla eterozigosi media. In passato, sulla base di osservazioni del cambiamento evolutivo a livello genotipico, molto si è detto sul modo in cui il *pool* genetico è organizzato nella specie. Per esempio *Mayr* (*1975*) parla dell'«unità del fenotipo» come di un importante concetto della genetica evoluzionistica. Mi sembra tuttavia che egli confonda la tendenza conservativa del fenotipo con la immutabilità genetica. Le discussioni della evoluzione molecolare dovrebbero essere basate su effettive osservazioni a livello molecolare. La disinvolta estrapolazione dai cambiamenti fenotipici a quelli molecolari rischia di far cadere in molte trappole.

Al livello fenotipico, in sé ben distanziato dalla costituzione molecolare dei geni, è certo probabile che il principio di Darwin della selezione naturale domini nei cambiamenti evolutivi morfologici e funzionali. Ciò che io sostengo è che giù, nel livello profondo della struttura interna del materiale genetico, vi è una gran quantità di cambiamento evolutivo sospinto da una deriva genetica casuale, processo che si svolge su una scala così ampia che ad esso nessun evoluzionista neodarwiniano ha mai pensato. Io credo che, se la mia ipotesi di una deriva della mutazione casuale neutrale della evoluzione molecolare e del polimorfismo risulterà essere sostanzialmente corretta, essa dovrà avere un suo preciso posto nella teoria dell'evoluzione come integrazione del darwinismo.

M. K.

Traduzione: F. MONDELLA - MILANO

Contributo N. 1173 dell'Istituto Nazionale di Genetica, Mishima, Shizuoka-ken, 411 Japan.

NOTA

[1] Recentemente Tateno e Nei simulando con un calcolatore hanno indagato le proprietà statistiche del metodo di *Goodman e coll.* (*1974*) riscontrando che il metodo tende a fornire una stima in eccesso quando il numero delle specie usato è grande ed il numero delle sostituzioni mutanti per codone è sufficientemente ampio. Tateno e Nei rilevano inoltre che occorre essere molto cauti nell'uso del metodo di Goodman e coll. che introduce un errore sistematico. Essi rilevano inoltre che la stima del numero delle sostituzioni mutanti ottenuta con il metodo di Goodman e coll. ha una grande varianza. Mi sembra che il metodo non sia affidabile per indagare le velocità della evoluzione molecolare. Cfr. Y. TATENO e M. NEI, Goodman et al. S. method for augmenting the number of nucleotide substitutions (inviato al *Jour. Molec. Evolution*).

BIBLIOGRAFIA

AYALA, F. J. (ed.) 1976. *Molecular Evolution*, Sinauer, Sunderland, Mass.

BARNARD, E. A., M. S. COHEN, M. H. GOLD and JAE-KYOUNG KIM 1972. Evolution of ribonuclease in relation to polypeptide folding mechanisms. *Nature* 240: 395-398.

CALDER, N. 1973. *The Life Game*. BBC, London.

CROW, J. F. 1972. The dilemma of nearly neutral mutations: How important are they for evolution and human welfare? *Jour. Heredity* 63: 306-316.

CROW, J. F. and M. KIMURA 1970. *An Introduction to Population Genetics Theory*. Harper and Row, New York.

DICKERSON, R. E. 1971. The structure of cytochrome *c* and the rates of molecular evolution. *J. Molec. Evolution* 1: 26-45.

FITCH, W. M. 1976. The molecular evolution of cytochrome *c* in eukaryotes. *J. Mol. Evol.* 8: 13-40.

FUERST, P. A., R. CHAKRABORTY and M. NEI 1977. Statistical studies on protein polymorphism in natural populations. I. Distribution of single locus heterozygosity. *Genetics* 86: 455-483.

GOODMAN, M., G. W. MOORE, J. BARNABAS and G. MATSUDA 1974. The phylogeny of human globin genes investigated by the maximum parsimony method. *J. Molec. Evolution* 3: 1-48.

GRUNSTEIN, M., P. SCHEDL and L. KEDES 1976. Sequence analysis and evolution of sea urchin (*Lytechinus pictus* and *Strongylocentrotus purpuratus*) histone H4 messenger RNAs. *J. Mol. Biol.* 140: 351-369.

HALDANE, J. B. S. 1957. The cost of natural selection. *J. Genet.* 55: 511-524.

HARRIS, H. 1966. Enzyme polymorphisms in man. *Proc. Roy. Soc.* 164B: 298-310

JUKES, T. H. and C. R. CANTOR 1969. Evolution of protein molecules. In *Mammalian Protein Metabolism* (ed. H. N. MUNRO), Academic Press, New York, pp. 21-132.

KIMURA, M. 1968a. Evolutionary rate at the molecular level. *Nature* 217: 624-626.

KIMURA, M. 1968b. Genetic variability maintained in a finite population due to mutational production of neutral and nearly neutral isoalleles. *Genet. Res. Camb.*, 11: 247-269.

KIMURA, M. 1969. The rate of molecular evolution considered from the standpoint of population genetics. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 63: 1181-1188.

KIMURA, M. 1977. Preponderance of synonymous changes as evidence for the neutral theory of molecular evolution. *Nature* 267: 275-276.

KIMURA, M. and T. OHTA 1969. The average number of generations until fixation of a mutant gene in a finite population. *Genetics* 61: 763-771.

KIMURA, M. and T. OHTA 1972a. Population genetics, molecular biometry, and evolution. *Proc. 6th Berkeley Symp. on Math. Stat. and Probability*, Vol. 5 (Darwinian, Neo-Darwinian, and Non-Darwinian Evolution): 43-68. Univ. of California Press, Berkeley, California.

KIMURA, M. and T. OHTA 1972b. On the stochastic model for estimation of mutational distance between homologous proteins. *J. Molec. Evolution* 2: 87-90.

KIMURA, M. and T. OHTA 1973. Mutation and evolution at the molecular level. *Genetics* 73 (Suppl.): 19-35.

KIMURA, M. and T. OHTA 1974. On some principles governing molecular evolution. *Proc. Nat. Acad. Sci., USA* 71: 2848-2852.

KING, J. L. and T. H. JUKES 1969. Non-Darwinian evolution. *Science* 164: 788-798.

KOHNE, D. E. 1970. Evolution of higher-organism DNA. *Quart. Rev. Biophys.* 3: 327-375.

LANGLEY, C. H. and W. M. FITCH 1974. An examination of the constancy of the rate of molecular evolution. *J. Molec. Evolution* 3: 161-177.

LEWONTIN, R. C. 1974. *The Genetical Basis of Evolutionary Change.* Columbia Univ. Press., New York and London.

LEWONTIN, R. C. and J. L. HUBBY 1966. A molecular approach to the study of genic heterozygosity in natural populations. II. Amount of variation and degree of heterozygosity in natural populations of *Drosophila psudeoobscura*. *Genetics* 54: 595-609 .

MAYR, E. 1975. The unity of genotype. *Biol. Zbl.* 94: 377-388.

MCLAUGHLIN, P. J. and M. O. DAYHOFF 1972. Evolution of species and proteins: a time scale. In *Atlas of Protein Sequence and Structure 1972* (M. O. DAYHOFF ed.). Nation Biomedical Research Foundation, Washington D. C., pp. 47-52.

NEI, M. 1975. *Molecular Population Genetics and Evolution*. North-Holland Publishing Co., Amsterdam-Oxford.

OHNO, S. 1970. *Evolution by Gene Duplication*. Springer-Verlag, Berlin.

OHTA, T. 1973. Slightly deleterious mutant substitutions in evolution. *Nature* 246: 96-98.

OHTA, T. 1974. Mutational pressure as the main cause of molecular evolution and polymorphism. *Nature* 252: 351-354.

OHTA, T. and M. KIMURA 1971. On the constancy of the evolutionary rate of cistrons. *Jour. Molecular Evolution* 1: 18-25.

PERUTZ, M. F. and H. LEHMAN 1968. Molecular pathology of human haemoglobin. *Nature* 219: 902-909.

SALSER, W. S., BOWEN, D. BROWNE, F. E. ADLI, N. FEDOROFF, K. FRY, H. HEINDELL, G. PADDOCK, R. POON, B. WALLACE and P. WHITCOME 1976. Investigation of the organisation of mammalian chromosomes at the DNA sequence level. *Federation Proceedings* 35(1): 23-35.

ZUCKERKANDL, E. and L. PAULING 1965. Evolutionary divergence and convergence in proteins. In *Evolving Genes and Proteins* (BRYSON, V. and H. J. VOGEL eds.), Academic Press, New York, pp. 97-166.

Tavola 1

Frequenza evolutiva in termini di sostituzione di aminoacidi (riportato da *McLaughlin* e *Fayhoff* (*1972*) con modificazioni). La frequenza è espressa per sito di aminoacido per anno prendendo 10^{-9} come unità ('*pauling*').

Proteine	$k_{aa} \times 10^9$/*anno*
Fibrinopeptidi	9,0
Ribonucleasi pancreatiche	3,3
Catene di emoglobina	1,4
Mioglobina	1,3
Lisozima animale	1,0
Insulina	0,4
Citocromo *c*	0,3
Istone IV	0,006

Tavola 2

Confronto delle differenze di aminoacidi fra le emoglobine α e β (da *Kimura* e *Ohta 1974*).

Tipo di cambiamento*	α nell'uomo rispetto a β nell'uomo	α nella carpa rispetto a β nell'uomo
0	63	61
1	53	49
2	22	29
Delezioni	9	10
Totale	147	149

* I numeri 0, 1 e 2 denotano rispettivamente il tipo delle differenze in aminoacidi che in base alla tavola del codice genetico possono essere interpretate come effetto di un minimo di 0, 1 e 2 sostituzioni di nucleotidi in due gruppi di confronto concernenti le catene emoglobiniche α e β. Per ogni confronto viene anche indicato il numero delle delezioni aminoacidiche.

Tavola 3

Una parte della comparazione tra i mRNA dell'istone IV di due specie di riccio di mare, *Lytechinus pictus* e *Strongylocentrotus purpuratus* (da *Grunstein e coll. 1976*).

L. pictus	RNA messaggero	GA **U**	AAC	AUC	CAA	GG **A**	AU **A**	AC **U**	AAA	CCG	GC **A**	AUC
S. purpuratus	RNA messaggero	GA **C**	AAC	AUC	CAA	GG **U**	AU **C**	AC **G**			GC **U**	AUC
Istone IV	sequenza di aminoacidi	Asp	Asn	Ile	Gln	Gly	Ile	Thr	Lys	Pro	Ala	Ile
		24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34

Legenda

Nelle prime due righe, le 'triplette' del codice genetico: *G* = guanina, *A* = adenina, *C* = citosina, *U* = uracile. Nella terza riga, gli aminoacidi: *Asp* = acido aspartico, *Asn* = asparagina, *Ile* = isolencina, *Gln* = glutammina, *Gly* = glicina, *Thr* = treonina, *Lys* = lisina, *Pro* = prolina, *Ala* = alanina.

Un modello matematico del bacino dell'Arno

Data l'estrema variabilità nel tempo e nello spazio della quantità di acqua disponibile nel nostro paese, negli ultimi tempi è sempre più sentita, dalle autorità responsabili, la necessità di realizzare piani di bacino coordinati e finalizzati alla allocazione ottimale delle risorse idriche disponibili e alla difesa del territorio.
Condizione essenziale per una corretta impostazione di tali piani è però un'analisi approfondita dell'efficacia di possibili alternative di intervento.
Mentre per lo studio di brevi tratti di un fiume possono essere utilizzati dei modelli fisici (cioè dei modelli in scala ridotta costruiti in laboratorio), quando si vuole invece analizzare il comportamento di un fiume nel suo complesso è necessario ricorrere a modelli matematici i quali permettono di valutare gli effetti delle opere di regimazione proposte a fronte di un gran numero di 'scenari' possibili.
In altre parole è necessario simulare il comportamento del bacino idrico e delle conseguenze degli interventi previsti al sopraggiungere di una grande varietà di eventi meteorologici che, in base all'osservazione degli eventi verificatisi in passato, si presume possano verificarsi in futuro.

Un modello matematico che permette tale indagine è stato realizzato presso il Centro Scientifico IBM di Pisa per il fiume Arno.
Seguendo la morfologia del bacino dell'Arno esso è stato suddiviso in un certo numero di sottobacini in corrispondenza dei principali affluenti del fiume.

Data la grande varietà dei fattori che influenzano il modo con cui la pioggia caduta su un bacino si ritrova sotto forma di portata di un fiume (quali la natura e la morfologia dei terreni, il loro stato iniziale, la vegetazione, l'intensità della pioggia, la temperatura, ecc.) ma soprattutto data l'incertezza con cui si possono reclutare i volumi di pioggia caduti (si hanno facilmente errori del 20%) sono stati adottati dei modelli che prescindono dalla descrizione dettagliata di ciò che succede all'interno di ciascun sottobacino, ma che forniscono una valutazione complessiva ('sintetica') del loro comportamento.

Ad ogni sottobacino è stato quindi attribuito un modello che permette di passare dalle misure di pioggia registrate ai pluviometri alle portate che si riverseranno nel corso principale dell'Arno.

Il corso dell'Arno è stato poi descritto geometricamente a partire dalle dighe di Levane e La Penna fino al mare mediante circa quattrocento sezioni trasversali (mediamente una ogni quattrocento metri). Nota tale caratteristica geometrica del fiume e conoscendo in alcuni punti le

portate che vi defluiscono sono state valutate le caratteristiche idrauliche dell'Arno, e cioè principalmente la resistenza di attrito che esso oppone al defluire delle acque a causa della conformazione e delle asperità del letto. Infine, note le portate che vi si immettono da tutti gli affluenti, è stato possibile ricostruire l'andamento di eventi di piena del passato.

Tale ricostruzione è effettuata integrando su di un opportuno reticolo spazio-temporale le due equazioni differenziali di bilancio energetico e di conservazione della massa (note anche come equazioni di De Saint-Venant) che reggono il fenomeno. Tali equazioni permettono infatti di seguire l'evolversi di perturbazioni quali le onde di piena che si propagano lungo tutto il corso del fiume.
Il confronto dei livelli d'acqua registrati in alcune sezioni con quelli così forniti dal modello può ritenersi del tutto soddisfacente in quanto gli errori di ricostruzione rientrano agevolmente nei valori di margine assunti normalmente nelle opere di sistemazione idraulica.

Le possibilità di impiego di un siffatto modello, come già detto, sono molteplici e servono principalmente alla verifica di opere da progettare.

Ad esempio il modello dell'Arno è stato utilizzato per simulare l'effetto che due dighe ipotetiche (una sul corso principale del fiume, a Laterina, di circa 70 milioni di metri cubi ed una a Dicomano sulla Sieve di circa 20 milioni di metri cubi) avrebbero prodotto sulla piena del 4 Novembre 1966 e su altre cento onde di piena 'possibili' generate a partire dalle caratteristiche dell'onda del 1966.

In tutti i casi si è riscontrato l'effetto benefico dell'impiego contemporaneo dei due serbatoi: si è avuta una notevole riduzione sia del numero delle esondazioni sia dei volumi esondati.

Concludendo è bene sottolineare come un modello matematico del tipo del modello dell'Arno sia uno strumento di notevole interesse pratico, capace di fornire informazioni utili alla pianificazione ed alla gestione delle risorse idriche di un comprensorio, ma come tale uno strumento che serve e rimane valido solo se utilizzato effettivamente ed aggiornato con continuità tenendo conto dei mutamenti che le modificazioni ambientali causano sull'evoluzione dei vari fenomeni.

Mathematical Model of the Arno Basin

In view of the extreme variability in the quantity of Italy's water supplies — both time and space-wise, the competent authorities are of late becoming increasingly aware of the need for co-ordinated catchment area plans, directed towards ensuring optimum allocation of available resources and protection of the environment.
To be sure that the correct approach is adopted in drawing up these plans, all possible alternative types of intervention must be thoroughly analyzed.
While physical models are adequate for studying only short reaches of a given river (laboratory miniatures), mathematical models are needed for studies relating to the overall behaviour of a river, because with these it is possible to evaluate the effects of proposed water-control projects in relation to a large number of possible situations.
In other words, it is necessary to simulate the behaviour of the entire catchment area, as well as the consequences of action of various kinds devised to meet a wide range of meteorological events which, judging by past observations, are likely to recur in the future.

A mathematical model suitable for study of this kind has been developed at IBM Italia's Scientific Center in Pisa for the Arno basin. With due consideration of its morphological characteristics, the Arno basin has been divided into a series of sub-basins corresponding to the river's major tributaries.

In view of the many factors that can affect the way in which rainfalls in a given area later forms part of the discharge of a river (such as the nature and morphology of the terrain, initial conditions, vegetation, rainfall intensity, temperature, etc.), and, even more particularly, because of the unreliability of recorded rainfall volumes (a 20% rate of error is very likely), it was decided to use models that permit overall (summary) evaluation — and not detailed descriptions — of events occurring within the various sub-basins.

There is one model for each sub-basin, and by means of these separate models it is possible to pass from the recording of rainfall at the pluviometer stations to the discharges flowing into the main course of the Arno.

The course of the Arno was subsequently determined geometrically from the Levane and La Penna dams right down to the sea, through about 400 cross sections (one every 400 metres). Given the geometric characteristics of the river and on the basis of the discharge values observed at certain points, it was then possible to evaluate the Arno's hydraulic

characteristics — mainly its frictional resistance to flow, due to the conformation and roughness of the riverbed.
Finally, on the basis of the discharge volumes flowing into the main course from all the tributaries, it was possible to reconstruct the evolution of past flood events.

Using an appropriate space-time grid, this reconstruction was carried out by integrating the two differential equations — energy balance and conservation of mass — (known also as the De Saint-Venant equations) which illustrate the phenomenon. With these equations, in fact, it is possible to trace the development of disturbances such as flood waves travelling along the entire length of the river.
The results of comparison between the water levels recorded in various sections and those provided by the model are entirely satisfactory, as the reconstruction errors are well within the margins normally allowed for hydraulic constructions in general.

As already mentioned, models of this kind may be used for numerous purposes, in particular for controlling projects at the design and planning stage.

The presence of two dams was assumed, one — of about 70 million cubic metres — on the main course of the river, at Laterina, and the other — of about 20 million cubic metres — at Dicomano, on the Sieve. By way of example, the Arno model was used to simulate the influence of these two hypothetical dams on the November 4 flood in 1966, and also on another 100 'possible' flood events generated on the basis of the characteristics of the 1966 flood.

In all cases, it was seen that improvement resulted from the contemporaneous operation of these two dams; there was marked reduction in the number and volume of flood incidents.

In conclusion, the real, practical utility of mathematical models similar to the Arno model should be recognized; they are instruments able to provide valuable indications for the planning and management of water resources in a given territory, but their continuing validity depends on their being actually used and updated continuously, with due consideration of the changes in the evolution of the various phenomena due to changing environmental conditions.

Explanation, Description and Scientific Realism

ALAN E. MUSGRAVE
University of Otago, Dunedin (New Zealand)

> «Natural science cannot explain the phenomena in the physical world ... Natural science describes *how* phenomena happen, but it is wholly incompetent to answer the question *why* they happen».
>
> E. W. Hobson

Scientific theories, it has sometimes been maintained, enable us to *describe precisely how* things happen, but cannot really *explain why* they happen as they do. According to this view (which I shall call 'descriptivism'), the search for explanation or for explanatory theories is an illegitimate intrusion of metaphysics into science. Descriptivism is related to (but not, as is often supposed, identical with) an even more radical view, which I shall call 'instrumentalism' (following Popper) or 'fictionalism'. The instrumentalist agrees with the descriptivist that scientific theories are not explanatory — but he goes further, and denies that they are descriptive as well. Theories, according to the instrumentalist, are not descriptions of the world, but mathematical devices or fictions which enable us to classify, systematise and predict descriptions of the world. Opposed to both of these views is *realism*. My aim in this paper is to argue in favour of realism.

I begin with the distinction between explanation and description, or between 'explanatory theories' and 'descriptive theories'. I find it a puzzling distinction. I will argue that the typical scientific theory is *both* descriptive *and* explanatory. And I will then argue that this illusory distinction stems from a mistaken identification of real explanation with *ultimate* explanation, which in turn stems from a mistaken idea about the *aim* of scientific explanation.

I DOES SCIENCE EXPLAIN AS WELL AS DESCRIBE?

I begin with a few famous examples of scientific theories which have often been said to be 'merely descriptive' and not explanatory. Galileo's law of falling bodies, it is often said, merely describes precisely *how* bodies

fall but does not explain *why* they fall as they do — hence it is descriptive but not explanatory. The premise of this argument is obviously true (and Galileo himself admitted as much); but the conclusion is false (as Galileo already saw).

Galileo raises the question of « what it is that moves earthly things downward » in his *Two World Systems*. Simplicio thinks he knows the answer: « The cause of this effect is well-known; everybody is aware that it is gravity ». But Salviati, Galileo's spokesman, knows better: « You are wrong, Simplicio; what you ought to say is that everybody knows that it is called 'gravity'. What I am asking you for is not the name of the thing, but its essence, of which essence you know not a bit more than you know about the essence which moves the stars around... we do not really understand what principle or force it is that moves stones downward, any more than we understand what moves them upward after they leave the thrower's hand, or what moves the moon around... »[1].

When the question arises again in his *Two New Sciences*, Galileo avoids it: « The present does not seem to be the proper time to investigate the cause of the acceleration of natural motion concerning which various opinions have been expressed by various philosophers... At present it is the purpose of our Author merely to investigate and to demonstrate some of the properties of accelerated motion (whatever the cause of this acceleration may be) ... »[2].

Many have seen this as an endorsement by Galileo of a 'descriptivist' view: his 'new science of motion' will not seek to explain why, but will merely describe precisely how, bodies move.

But this is not Galileo's own view. Towards the end of *Two New Sciences* he uses his law of falling bodies, together with his law of inertia and the idea of superposition of motions, to 'prove' (derive the result) that a cannon will have maximum range when its elevation is 45°. Sagredo exclaims: « The force of rigid demonstrations such as occur only in mathematics fills me with wonder and delight. From accounts given by gunners, I was already aware of the fact ... but to *understand why* this happens far outweighs the mere information provided by the testimony of others or even by repeated experience ».

And Salviati replies: « What you say is very true. The knowledge of a single fact *acquired through a discovery of its causes* prepares the mind to understand and ascertain other facts without need of recourse to experiment, precisely as in the present case, where by argumentation alone the Author proves with certainty ... what has perhaps never been observed in nature, namely, that of other shots those which exceed or fall short of 45° by equal amounts have equal ranges... »[3].

Galileo is no descriptivist. He admits, of course, that his law of falling bodies does not explain why bodies fall, but merely describes precisely how they fall. But he insists that this precise description does explain (or help to explain) facts about the behaviour of cannons. In short, Galileo thought his law was both descriptive and explanatory.

We find exactly the same situation, I believe, with my second example, Newton and his law of gravity. As Galileo said, we do not really explain why bodies fall by saying « Because of gravity ». And we certainly cannot explain Galileo's law of falling bodies in this way (for all we know, bodies might fall « because of gravity » with constant speed instead of constant acceleration). To explain a precise law of fall in terms of gravity we need a *precise description of how bodies gravitate* — and this is what Newton's law gives us.

Newton admits, as Galileo had done before him, that he cannot explain his law. Early in the *Principia* he says he will treat gravitational attraction « not physically, but mathematically » and will say nothing of its cause: « For I here design only to give a mathematical notion of these forces, without considering their physical causes and seats ... I ... use the words attraction, impulse, or propensity of any sort towards a centre, promiscuously, and indifferently, one for another; considering these forces not physically, but mathematically: wherefore the reader is not to imagine that by those words I anywhere take upon me to define the kind, or the manner of any action, the causes or the physical reason thereof, ... »[4].

Again, many have seen this as an endorsement by Newton of a 'fictionalist' or 'instrumentalist' view of his law. But again, this is not Newton's own view. Thus, in an often quoted (and equally often misunderstood) passage at the end of the *Principia*, Newton insists that his law explains while denying that he can explain it: « Hitherto we have *explained* the phenomena of the heavens and of our sea by the power of gravity, but have not yet assigned the cause of this power ... But hitherto I have not been able to discover the cause of ... gravity from phenomena, and I frame no hypotheses ... to us it is enough that gravity does really exist, and act according to the laws which we have explained, and abundantly serves *to account for* all the motions of the celestial bodies, and of our sea »[5].

Elsewhere Newton defends his procedure (and echoes Salviati's rebuke to Simplicio) as follows: « To tell us that every Species of Things is endow'd with an occult specifick Quality by which it acts and produces manifest Effects, is to tell us nothing: But to derive two or three general Principles of Motion from Phaenomena, and afterwards to tell us how the Properties and Actions of all corporeal Things follow from those manifest Principles, would be a very great step in Philosophy, though the Causes of those Principles were not yet discover'd: And therefore I scruple not to propose the Principles of Motion above-mention'd, they being of very general Extent, and leave their Causes to be found out »[6].

So Newton, like Galileo before him, is neither a descriptivist nor a 'fictionalist'. He admits that his law of gravity does not explain why bodies gravitate, but merely describes precisely how they gravitate. But he insists that this precise description does explain (or help to explain) a great many things, including Galileo's and Kepler's laws (as first approximations) and the gross periodicities of the tides.

A last example. The law of refraction is said to be 'merely descriptive': it describes how light behaves when it passes from one medium to another, but it does not explain why light behaves in this way. Quite so. But this law does explain (or help to explain) why sticks look bent when dipped in water, why a coin invisible in the bottom of a bucket may become visible if the bucket is filled with water (Ptolemy's Problem), why the elevation of a rainbow is never greater than about 48° (explained in Descartes's *Meteorology*), and so on. By describing precisely how light behaves, we explain why these phenomena occur.

It seems, then, that each of these so-called 'merely descriptive' laws is actually both descriptive and explanatory, so that description and explanation are two sides of the same coin. This quite common-sense position has been endorsed, for example, by John Hospers: « 'But is not explanation after all merely description?' It is all very well to say that when we explain something we actually describe — *e.g.* stating laws of nature is describing how nature works. But this does not preclude the fact that we *are* explaining. When the question is asked why pressing the button turns on the light, we explain by describing just what goes on — currents, open and closed circuits, conduction of electricity by wires, dynamoes in the power plant, and so on. But have we not in doing so explained the phenomenon about which we were asking? We have explained *by* describing, if you will; but certainly we have explained. To say that because we are describing we cannot be explaining would be like saying that because an object is red it cannot also be coloured »[7]. But we must not, as Hospers is in danger of doing, obliterate the distinction between describing a phenomenon and explaining it. It is the *same* thing which is both red and coloured — but it is not the same thing which is both described and explained. 'Describe' and 'explain' are transitive verbs which, in any given context, take different objects: we may explain A by describing B, but we cannot explain A by describing A itself. A law of nature may be both descriptive and explanatory: but it describes one thing and explains another, or is descriptive of one level and explanatory of another.

The 'levels' spoken of here are to be analysed *logically*: roughly speaking, theory A is at a deeper or higher level than theory B if A explains B and not, of course, *vice versa*.

(We must not assume, incidentally, that this explanatory or logical depth is necessarily linked to what we might call *ontological* depth. We must not assume, in other words, that if theory A is deeper than theory B in the logical sense, then necessarily A describes entities of which the entities described by B are composed. Logical depth may reflect ontological depth, as when we explain macro-properties of a table in terms of properties of the molecules composing it. But we cannot exclude on *a priori* grounds explaining micro-behaviour on macro-grounds, in which case logical depth would not reflect ontological depth. To say that this will not happen is, in fact, to express an interesting *metaphysical* thesis:

roughly, that the behaviour of wholes depends upon the behaviour of their parts, but not *vice versa*. Examples of such theses are 'methodological individualism' in the social sciences, and the principle of 'micro-reduction' in the physical sciences. They raise interesting issues, which I shall not discuss. The point here is simply that talk of explanatory or logical depth does not imply a commitment to any of these theses).

Two questions remain. Are *all* derivations in which scientific theories figure *explanations* of their conclusions? And are *all* scientific theories explanatory in the sense that they have at least some explanatory uses (figure in some explanatory derivations)?

The answer to the first question is clearly 'No'. For example, one can derive the height of a cliff from Galileo's law of falling bodies together with an initial condition about the time taken by a body to fall from rest at the top of the cliff to the bottom. But this does not *explain why* the cliff has the height that it does (though it may explain, or justify, someone's ascribing that height to it)[8].

The answer to the second question is less obvious. Instantial generalizations, such as « All metals expand when heated », have sometimes been said to be 'merely descriptive' and not explanatory. Now it may well be that one cannot explain « Metal *M* expands when heated » by deriving it from this generalization. But other uses of it do seem to be genuinely explanatory. My child may watch me hold a recalcitrant bottle-top under hot water, and ask « Why are you doing that? ». And I genuinely explain why tight bottle-tops are loosened in this way by telling him that the top is made of metal, that metals expand when heated, and that holding the top under hot water heats it. A more likely candidate for laws which have *no* explanatory uses are numerical formula which merely summarize facts, such as Bode's Law or Balmer's formula. One can *derive* the mean distance of Uranus from Bode's Law together with the information that Uranus is the seventh planet from the sun: but this does not *explain* why Uranus has the mean distance that it does, nor can I think of any explanatory deductions in which Bode's Law figures essentially. Concerning *such* laws, the descriptivist and instrumentalist may have a point. Notice, however, that though such laws may not *explain* anything, scientists try to explain *them*, especially when they turn out to make correct predictions. Bode's Law became a serious explanatory problem only after it got the distance of the newly-discovered Uranus almost exactly right, and ceased to be a problem (or a law?) when it got the distance of Neptune wrong. Similarly, Balmer's formula became an explanatory problem when it had empirical success.

So far I have been operating with a purely *intuitive* distinction between those scientific deductions which are explanatory and those which are not. I hope that my readers have shared my intuitions in the cases I have considered. But intuition unsupported by argument is never very

satisfactory. And it is particularly unsatisfactory in this case because the whole issue between descriptivists and realists hinges upon there being a genuine distinction between those scientific deductions which explain and those which do not. Realists need some *account* of when a deduction is explanatory. And I have to confess that I have no such account. The distinction seems to be connected with *causality*: explanations give *causes*, while non-explanatory deductions do not. But this is a hint at a solution, not a solution, and I will not explore it now[9]. Instead, I will continue to operate with the intuitive distinction, for we have not yet done with descriptivism.

II DO SCIENTIFIC EXPLANATIONS REMOVE PUZZLEMENT?

The Galileo-Newton view that scientific theories are both descriptive and explanatory, though on different levels, may seem so trite as to be incontrovertible. Yet many have been unconvinced by it. There is a nagging feeling that Galileo's law (or Newton's law of gravity, or the law of refraction) are not *really* explanatory after all. « We do not *really* explain why sticks look bent when half-immersed in water by invoking the law of refraction, because refraction itself remains a mystery. How can you claim that our puzzle is solved, when all you have done is proposed another one? ». So runs the sort of argument that might be produced in defence of this nagging feeling.

The argument is very fishy indeed. It rests on the idea that a *real* explanation must invoke principles which are not mysterious, so that we will not ask the question 'Why?' of them, principles which themselves stand in no need of explanation in their turn. It rests, in short, on the idea that the only real explanations are somehow *ultimate or self-explanatory* explanations. Now it is questionable whether there could be any explanation which was ultimate in this way — and I will be returning to the question. But quite apart from that, it is surely very odd to *equate* explanation with ultimate explanation. For we do explain why sticks look bent by invoking the law of refraction, even though we may not be able to explain the law of refraction. And Galileo explains why cannons have maximum range at elevation 45°, even though he does not explain why bodies fall with constant acceleration. Hospers puts the point well (he calls an ultimate explanation an explanation « at the level of brute fact » where « by definition we can no longer meaningfully ask for further explanations »): « There is an elementary but widely pervasive confusion on this point. It is said that unless an explanation has been given all the way down to the level of brute fact, no explanation has been given ... at all; e.g. unless we know why water expands on freezing, why the water molecule has a crystalline structure, etc., we do not really know why our pipes burst. But surely this is not the case. Whether we know why water expands on freezing or not, we do know that it does so,

and that it is because of its doing so that the pipes burst in cold weather. When we have asked why the pipes burst, the principle of expansion of water does give an explanation. When we ask why water expands on freezing, we are asking *another* question. The first *has* been answered, whether we can answer the second or not »[10].

The confusion may be as elementary as Hospers says it is — but some very acute thinkers have fallen into it. Consider, for example, Duhem's interpretation of Newton's view of his law of gravity. According to Duhem, Newton regarded his law as a 'condensed representation' of phenomena, and maintained that: « Such a condensed representation is not an explanation; the mutual attraction that celestial mechanics imagines between any two parts of matter permits us to submit all celestial movements to calculation, but the cause itself of this attraction is not laid bare because of that »[11]. In short, Newton is alleged to have maintained that his law was not explanatory because it was not self-explanatory[12]. Such an interpretation tells us less about Newton (who, as we have seen, held a different view) than about Duhem himself: and what it tells us about Duhem is that he identified explanation and ultimate explanation. This enabled him to argue from the premise that science could not achieve ultimate explanation to the conclusion that science did not explain at all. Duhem is not alone in arguing in this way. Some of his realist opponents, who reject Duhem's conclusion, accept the validity of his argument and therefore reject his premise too. This leads them to claim that their favourite explanatory theory represents an ultimate explanation (Descartes's view of his theory of matter, or Cotes's view of Newton's theory of gravity, are cases in point). And other realists, sceptical of these *particular* claims to ultimacy, feel themselves forced into an instrumentalist or descriptivist view of the theories in question (thus many realists reluctantly endorse the instrumentalist view of Newton's theory). The retreat is unnecessary, because Duhem's argument is invalid: a theory can be genuinely explanatory without being ultimately so.

When an 'elementary confusion' is so widespread one suspects that it has some deeper source — and I think that ours has. Commonsense (and ordinary usage) has it that to explain something is to remove (somebody's) puzzlement concerning it, to set (somebody's) curiosity at rest. Suppose we begin with this apparently innocuous idea, and suppose further that we focus upon the puzzlement *as such* and ignore what the puzzlement is *about*. And now ask whether puzzlement is *removed* concerning sticks looking bent in water by invoking the law of refraction. The answer is (or ought to be) that it is not: the account does not (or ought not to) remove puzzlement altogether, rather it *relocates* it. Instead of being puzzled about the bent sticks, we become (or ought to become) puzzled about the law of refraction. From a purely subjective point of view, in which we ignore what the puzzlement is *about*, nothing has been achieved: puzzlement remains and is even enhanced. And if we view scientific explanations from this subjective point of view, demanding that

they remove puzzlement, we are bound to be disappointed and to conclude that science does not really explain at all.

This subjective view of explanation lies, I believe, at the root of the demand that a genuine explanation must somehow be ultimate. An ultimate explanation is one concerning which no puzzlement ought to arise — and only such an explanation could *remove* puzzlement (as opposed to relocating it). But the subjective view of explanation is inadequate. It makes explanation a *person-relative* affair, for clearly what relieve's one man's puzzlement may not relieve the next man's. And while the incurious might have their puzzlement relieved by contemplating a scientific explanation, a few stiff whiskies would do the trick much better. Science may well *originate* from perplexity or puzzlement concerning both unfamiliar and familiar phenomena, which leads to the demand that these phenomena be explained. But science also demands that these explanatory problems be solved in a special way, so that a problem is not necessarily solved adequately when puzzlement about it has been removed. The purely subjective view of explanation ignores this objective dimension of scientific problems and their solutions. And it is inadequate for precisely this reason.

From an objective point of view, we *do* explain why sticks look bent in water by invoking the law of refraction, despite the fact that the law of refraction remains unexplained. *For the explanatory problem which remains is different from the problem which has been solved.* The problem of explaining the law of refraction is both more general and more precise than the problem of explaining why sticks look bent in water. An explanation which raises exactly the same explanatory problem may well be said to be no real explanation at all, despite the fact that a good deal of puzzlement may have been relieved by it. (Explaining why the earth does not fall by saying that it is supported by an elephant raises the identical problem of why the elephant does not fall. I suppose, however, that more puzzlement has been relieved by this and similar 'explanations' than by the most respected scientific theories). The similarity or difference of explanatory problems, which is here crucial, can only be recognised if we abandon the subjective point of view in favour of an objective one: if we focus, not upon feelings of puzzlement as such, but on what they are about. And once we take an objective point of view, we can see that there is little to be said for the idea that the only genuine explanations are ultimate ones.

Instrumentalists not only deny that scientific theories are explanatory, they deny that they are descriptive too. As we have seen, the first denial stems from a mistaken identification of explanation with ultimate explanation. The second denial often stems from an equally mistaken identification of truth with certainty. It can be argued that we can never be *certain* that any scientific theory is a true description of the world. But we cannot conclude from this that scientific theories are not true or false

descriptions at all. To argue thus would be invalid, since the premise might be true and the conclusion not. Yet this mistake is also a pervasive one.

It pervades the writings of Duhem. He observe, for example, that since all experimental measurement is to some extent imprecise, any body of data can be accommodated by a multiplicity of precise laws. And he concludes from this that no law can be either true or false, because « any other law representing the same experiments with the same approximation may lay as just a claim as the first to the title of a true law »[13]. Again, he correctly observes that all laws are 'provisional' (because none can be certain); and continues « not that we must understand this to mean that a physical law is true for a certain time and then false, but at no time is it either true or false »[14]. And finally, when Duhem is searching for philosophical allies, he repeatedly takes denials that scientific theories can be known to be true for denials that they have a truth-value at all. One example must suffice out of many : he quotes Aquinas on «the incapacity of physical method to grasp an explanation that is certain » (as Duhem puts it), and takes this to show that Aquinas is a philosopher who recognized « that physical theories are by no means explanations, and that their hypotheses were not judgements about the nature of things »[15]. It is obvious, however, that truth and certainty are not the same, and that we cannot validly conclude from the fact that scientific theories are uncertain that they cannot be true. « T is uncertain » entails neither « T is false » nor « T is neither true nor false ». (The first point shows that *sceptical criticism*, aimed at showing that we cannot be sure of some proposition, is not really criticism of the proposition in question it all, but only of the claim to be sure of it). To adopt a fallibilist position concerning physical theory does not commit one to instrumentalism. So we must resist the identifications of truth with certainty and of explanation with ultimate explanation. But what of the idea of ultimate explanation itself? Could there be such a thing? I turn to this question in my next section.

III ARE THERE ULTIMATE EXPLANATIONS?

The prospect of cutting off the threatened infinite regress of explanations by some ultimate explanation has often seemed an attractive one. Its appeal can be reduced, I think, by reflecting that the regress of explanations is not a vicious one, because it is not the *same* problem which is posed at each stage. And it will further lose appeal once we scrutinize the idea of ultimate explanation itself, for it is an implausible idea. How can there be an explanation whose principles raise no explanatory problem in their turn?

Two candidates for this role have had some plausibility. The first is the *theological explanation*, whose principles are said to be the direct result of

the will of God. Such principles cannot be explained in turn as resulting from the operation of deeper scientific principles. And in this respect a theological explanation may be thought to be ultimate. (Two examples of such explanations are Kepler's explanation of the number and distances of the planets in terms of God's geometrical blueprint of the universe, and Newton's final explanation of his law of gravity as resulting from direct divine action an all parts of matter always and everywhere). Yet the appearance of ultimacy here is illusory. One *can* ask *why* God decided to institute one set of laws and not some other one. True, the explanation will have to be *teleological* in form, and refer to divine purposes or divine likes and dislikes. But we should not mistake the limits of physical explanation, which may well have been reached with a theological explanation, for the limits of all explanation whatsoever. Theological explanations are not truly ultimate. (And judged by usual standards of adequacy like deducibility and independent testability, they are woefully inadequate anyway).

The secular candidate for the role of ultimate explanation arises out of *Aristotelian essentialism*[16]. In response to the problem of change (How can X change, when in order to stay the same X it must be unchanging?), Aristotle divided the properties of things into essential and accidental properties. A thing X may gain or lose an accidental property and remain the same thing. But the essential property of X (I will assume for the sake of simplicity that each thing has only one such property) is what makes X the thing that it is: if X loses that property, then it ceases to *be* X. Now if the essential property of X is E, then it makes little sense to ask *why* X has the property E — X would not *be* X if it lacked E. This led Aristotle and his followers to dream that the ultimate explanatory principles of the sciences must be statements of the essences of things, concerning which no further explanatory question could sensibly be asked. Assuming that such statements were the *only* explanatory principles used (a very large assumption), ultimate explanations were possible and the regress of explanation could be cut short.

Not only were such explanations *possible*: Aristotelians thought they could be achieved, and could be *known* to have been achieved. This brings me to the epistemological dimension of essentialism. If the essence of X is E, then X cannot possibly lack E. Hence the statement « X is E » is a *necessary truth* (is true in all possible worlds). And it shares with other necessary truths the following attributes: it can be discovered by *a priori* reasoning, and it can be known for certain. (Aristotle's induction or *epagoge*, the process of intuiting the essence, might be thought to be an *empirical* procedure, since Aristotle insists that it starts from observation of some particular X. But I think the observation of the particular here is just about as important as the observation of particular figures in geometry: it is heuristically important, but epistemologically redundant). The statements of the essences of things are, then, necessary truths know-

able *a priori* and with certainty, and they are also, of course, meant be to highly informative statements about the world, which serve to explain its phenomena.

Notice, however, that once we assert the *explanatory adequacy* of our statements of essences, then the original doctrine becomes inconsistent. If « X is E » explains why « X is A », where A denotes some supposed accidental property, then « X is A » will also hold necessarily because it is derivable from a necessary truth alone. Thus the original distinction between essential or necessary and accidental or contingent predication evaporates. Leibniz seems to have been the first to notice this contradiction in Aristotle's position: he resolved it, of course, by denying that any predication is contingent, and any property more essential than any other. Moderns are more apt to grasp the other horn of the dilemma, and to deny essential predication: no subject-predicate statement can be *necessarily* true, they will say, and no property is an *essential* property of a thing. But the moderns must be careful here. For even they admit that those subject-predicate statements are necessarily true which are *definitions*, or which *logically follow from definitions*. This admission need not commit us to essentialism, however. For the definitions of the moderns are *nominal* ones recording conventions for the use of words or convenient abbreviations, not *real* ones expressing important factual truths. The moderns will insist that nothing can be *explained* by a system of nominal definitions.

The appeal of essentialism, both early and late, often stems from its unholy alliance with definition. « Sodium has atomic number 11 » looks, on the one hand, like an informative factual statement, formulated after decades of intricate chemical experimentation and theorizing. Yet it is also presented as a *definitional* truth: « having the atomic number 11 » is the defining property of sodium, and a substance would not *be* sodium if it lacked this property. We can know for sure that sodium has atomic number 11 (for after all, this is a matter of definition); and the statement also expresses an interesting chemical fact about sodium (for after all, it is not equivalent to « Sodium is sodium »). It seems that we *can* have our cake and eat it (say something interesting and be sure of it) after all. Thus Brody, attempting to revive essentialism, claims that statements about essences are *empirical* statements, to be discovered and defended empirically[17]. Yet he also insists that « The atomic structure of some chunk of sodium ... is an essential property of that object. Something with a different atomic number would be (numerically) a different object »; and later he concedes that nothing can be said by way of answering the question *why* sodium has the atomic number that it does[18]. But if we know in advance that nothing will count as sodium unless it has atomic number 11, then we have a definitional truth on our hands: empirical research might tell us that some chunk of stuff is not sodium, but it cannot possibly tell us that some sodium does not have atomic number 11[19].

If, on the other hand, we countenance the possibility of finding a chunk of sodium with an atomic number other than 11, then « Sodium has atomic number 11 » is an *empirical* claim.
Brody takes this line when he insists that statements of essences figure essentially in scientific explanations (indeed, the burden of his paper is that nothing is a genuine explanation *unless* it contains such a statement). But again, if such statements are definitional truths they are eliminable without loss of explanatory power, if not they are empirical claims. If statements of the essences of things are definitions, then they cannot do the job expected of them. The unholy alliance with definition must be severed. What remains after this operation is a doctrine which is far from clear. If « Sodium has atomic number 11 » is a contingent statement, then what is meant by saying that « having atomic number 11 » is an *essential* property of sodium? How can it be maintained that sodium would not *be* sodium if it lacked this property? And finally, how can it be maintained that « Sodium has atomic number 11 » is an *ultimate* inexplicable truth about sodium?
Essentialism is, then, an unclear doctrine. Yet despite its unclarity, it has been most influential. And what *is* clear is that this influence has not been a desirable one. The candidates for ultimate or essentialist explanation which have been proposed in the past have not fared well. It has often happened that the attempt to explain what the essentialist claims is ultimate and inexplicable has proved to be fruitful.
This suggests that, since we can never be sure that we have got hold of the essences of things, we should never put a stop to possibly fruitful further investigation by claiming that we have[20]. This *methodological* argument has force whether or not we can make sense of the idea that things have essential properties, or more generally, of the idea that some explanatory principles might be ultimate.

Are there any ultimate truths about the world, any attempt to explain which is bound to be mistaken (though we cannot know this)? I do not know. *Could* there be such truths? I see no reason to deny it. There could be a 'rock-bottom' explanatory level which science might reach: the laws of nature might be a finite set, and science could discover some or all of them. Of course, Popper's methodological argument shows that scientists would not *know* that they had reached rock-bottom, and should therefore continue with the fruitless endeavour to explain these laws in terms of something deeper. Yet even philosophers who accept this methodological point may still speculate as to where 'rock-bottom' lies. Hospers's speculation to this effect is particularly interesting: «There seems to be one kind of case in which the brute-fact [rock-bottom] level is reached at once, and bids fair to remain so: I mean the correlation of certain mental-states with certain physical states. (...) *Why* do I have a certain color-sensation, which I call red, when light-waves of a certain frequency strike the retina of my eyes, and another indescribably dif-

ferent sensation, which I call yellow, when rays of another frequency strike the retina? That this frequency is correlated with this unique experience, and that one with that experience, seems to be sheer brute fact, which no amount of information about physics and physiology alone could have enabled us to predict »[21].

If Hospers is right, then the mind-body problem (or rather, one sub-problem of it) is really a pseudo-problem, an attempt to explain the inexplicable. And if Popper is right, we should continue trying to do just that!

There is an alternative position, of course: that there is no 'rock-bottom'; that the universe admits of an infinite series of explanatory truths; that it is like an onion with infinitely many skins to be peeled aside successively, but with no ultimate centre. This second metaphysical position (for that is what it is) has been endorsed by Popper. But the argument which he gives for it does not seem to me to be cogent: « Essentialism looks upon our ordinary world as mere appearance behind which it discovers the real world. This view has to be discarded once we become conscious of the fact that the world of each of our theories may be explained, in its turn, by further worlds which are described by further theories — theories of a higher level of abstraction, of universality, and of testability. The doctrine of an *essential or ultimate reality* collapses together with that of ultimate explanation »[22].

I submit that it does no such thing. The (epistemological) fact that science may go on indefinitely proposing « theories of a higher level of abstraction, of universality, and of testability » does not contradict the (metaphysical) claim that after a certain point all these theories might be *false*. And this second claim is exactly what the believer in an essential or ultimate level of reality will assert. Popper's 'infinite onion' model of the universe harmonises better with his methodology, but it is not entailed by it.

It is an interesting model all the same. I especially like the way in which it enables Popper to dispose of the spurious *clash* between 'the world of commonsense' and the 'world of physics' (which has led some to renounce commonsense, and others to renounce realist physics), and of the spurious *distinction* between primary and secondary qualities: « Thus we are led to take all these worlds, including our ordinary world, as equally real; or better, perhaps, as equally real aspects or layers of the real world. (...) It is thus mistaken to say that my piano, as I know it, is real, while its alleged molecules and atoms are mere 'logical constructions' (or whatever else may be indicative of their unreality); just as it is mistaken to say that atomic theory shows that the piano of my everyday world is an appearance only — a doctrine which is clearly unsatisfactory once we see that the atoms in their turn may perhaps be explained as disturbances, or structures of disturbances, in a quantised field of forces (or perhaps of probabilities). All these conjectures are equal in their claims to describe reality, although some of them are more conjectural than others.

> Thus we shall not, for example, describe only the so-called 'primary qualities' of a body (such as its geometrical shape) as real, and contrast them as the essentialists once did, with its unreal and merely apparent 'secondary qualities' (such as colour). For the extension and even the shape of a body have since become objects of explanation in terms of theories of a higher level; (...) and the secondary qualities such as colours, are just as real as the primary ones — though our colour experiences have to be distinguished from the colour properties of the physical things, exactly as our geometrical-shape-experiences have to be distinguished from the geometrical-shape-properties of the physical things. From our point of view both kinds of qualities are equally real — that is, conjectured to be real... »[23].

IV CONCLUSION: VARIETIES OF SCIENTIFIC REALISM

Let me now descend from these metaphysical regions, and conclude by asking what kind of scientific realism is suggested by the foregoing considerations. We can list the following four realistic theses:

1. Scientific theories are (*a*) true or false *descriptions of reality*, which (*b*) can be used to *explain* features of it;
2. Some of these theories can be *established* as true;
3. Some of these theories are *ultimate* truths, which cannot be explained by true theories of a higher level;
4. One of these theories is *comprehensively* true, so that it explains everything.

I have added (4) for the sake of completeness: it represents the last word in the important tendency for scientists to seek to *unify* distinct theories into a single one.

Now various forms of realism arise from different combinations of these four theses (or their negations). We might distinguish:

Dogmatist realism: theses (1) and (2);
Essentialism (as defined by Popper): (1) and (2) and (3);
Comprehensive essentialism: (1) and (2) and (3) and (4).

There are other possible positions, of course: Hospers's position can be represented by (1) and *not*-(2) and (3). The least ambitious form of realism would seem to be:

Modest realism: (1) but *not*-(2) and *not*-(3) and *not*-(4).

Descriptivism, as here defined, accepts (1*a*) but denies (1*b*), (2), (3) and (4). As I already mentioned, to oppose this view effectively the realist needs to give some account of when a scientific deduction is explanatory and when not.

Instrumentalism, as here defined, denies all of (1)-(4).

Its most distinguished proponent was Duhem, whose chief claim to fame is that he demolished (2) and (3). (He never bothered to attack (4) explicitly). But Duhem made two mistakes: he thought that if there is no ulti-

mate explanation, there is no explanation at all; and he thought that if there is no certain truth, there is no truth at all. Having disposed of (2), hence of dogmatist realism, and (3), hence of essentialism, Duhem thought that all forms of realism had been refuted. In this, he was wrong. There is a more modest realism which is not hit by Duhem's arguments. It is this modest realism which I have been chiefly concerned to defend.

A. E. M.

BIBLIOGRAPHY AND NOTES

1 GALILEO, *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems - Ptolemaic and Copernican*, translated by Stillman Drake (University of California Press, 1962), Second Day, p. 234.

2 GALILEO, *Dialogue Concerning Two New Sciences*, translated by Crew and Salvio (Dover Publications), Third Day, pp. 166-7.

3 GALILEO, *Two New Sciences*, Fourth Day, p. 276 (italics mine).

4 NEWTON, *Principia*, Motte's translation revised by Cajori (University of California Press, 1962), Book I, Definition VIII, Volume I, pp. 5-6. In fact, of course, Newton tried and failed to give a mechanical explanation of his law, and finally seems to have adopted a theological one (in which his law is a direct effect of God's will acting always and everywhere on all bodies).

5 NEWTON, *Principia*, Book III, General Scholium, Volume II, pp. 546-7 (my italics).

6 NEWTON, *Opticks*, Book III, Query 31, pp. 401-2 (Dover Publications, 1952).

7 JOHN HOSPERS, 'What is explanation?', in *Essays in Conceptual Analysis*, edited by ANTONY FLEW (MacMillan, 1956), pp. 94-119; see pp. 117-8. (This is a revised version of a paper 'On Explanation' which appeared in *The Journal of Philosophy*, vol. 43, 1946, pp. 337-56).

8 For this example, and others making the same point, see S. BROMBERGER, 'Why-Questions', in *Mind and Cosmos* (University of Pittsburgh Series in the Philosophy of Science, Volume III, University of Pittsburgh Press, 1966); reprinted in B. A. BRODY (ed.), *Readings in the Philosophy of Science* (Prentice-Hall, 1970), pp. 66-87; cf. pp. 70-73.

9 Except for one remark. Most assume that a causal explanation differs from a non-causal, non-explanatory deduction in containing a *causal law*. And our problem shifts to that of distinguishing genuine causal laws from mere 'accidental generalizations'. Much ink has been spilled over this second problem, most of it to no avail. I favour a different approach. Galileo's or Newton's law, or the law of refraction, do not look much like 'causal laws', yet they do figure essentially in causal explanations. This suggests to me that a causal explanation is marked, not by the presence of a special type of *law*, but by special properties of the *initial conditions*. (Russell was right, I think, to say that in advanced science functional dependencies replace 'causal laws'; but he was wrong to conclude that advanced science has nothing to do with causes).

10 HOSPERS, 'On Explanation', p. 341, footnote. This passage does not appear in the revised version of the paper quoted earlier, and referred to in footnote 7 above.

11 P. DUHEM, *The Aim and Structure of Physical Theory*, translated by P. P. Wiener (Princeton University Press, 1954), p. 47.

12 This interpretation of Newton has become the orthodox one. To consider just one example, WESTFALL writes: « Newton believed that nature is ultimately opaque to human understanding. Science cannot hope to attain certain knowledge about the essences of things. Such had been the program of the mechanical philosophers of the 17th century, and the constant urge to imagine invisible mechanisms sprang from the conviction that a scientific explanation is only valid when it traces phenomena to ultimate entities. To Newton, in contrast, nature was a given, certain aspects of which might never be intelligible. When they learned to accept the same limitation, other sciences... likewise ceased to play with invisible mechanisms, and, *describing instead of explaining*, they formulated a set of conceptions adequate to their phenomena. Newton believed that *the aim of physics is an exact description of phenomena of motion in quantitative terms*. Thus the concept of force could be admitted into scientific demonstrations even if the ultimate reality of force were not comprehended ». (R. S. WESTFALL, *The Construction of Modern Science*, Wiley, 1971, pp. 158-9, my italics.)

13 DUHEM, *The Aim and Structure of Physical Theory*, pp. 171-2.

14 DUHEM, *The Aim and Structure of Physical Theory*, p. 172.

15 DUHEM, *The Aim and Structure of Physical Theory*, pp. 41 and 39. There are many other examples of such misinterpretations in Duhem's writings. His book *To Save the Phenomena* (translated by E. Doland and C. Maschler, University of California Press, 1969) is replete with them; they enable Duhem to argue that the instrumentalist tradition has a long history (what really has a long history is fallibilism).

16 So important is this doctrine that POPPER *identifies* the belief in ultimate explanation with essentialism: see his 'Three Views Concerning Human Knowledge', in *Conjectures and Refutations* (Routledge, 1963), p. 104.

17 See B. A. BRODY, 'Towards an Aristotelian Theory of Scientific Explanation', *Philosophy of Science*, vol. 31, no. 9, March 1972, pp. 20-31; cf. pp. 26-7.

18 BRODY, 'Towards an Aristotelian Theory of Scientific Explanation', pp. 25 and 27.

19 No object or chunk of stuff can be numerically different from itself (by the logical law of identity). Thus we cannot, as Brody suggests, discover that a chunk of sodium is numerically different from itself because it does not have atomic number 11. What we *might* find is that our chunk of stuff was incorrectly described as sodium. What is at risk in the investigation is not « Sodium has atomic number 11 », but rather « This chunk of stuff is sodium ».

20 This is POPPER's central argument against essentialism in his 'Three Views Concerning Human Knowledge': see especially pp. 105-7 (where Popper gives examples of fruitful attempts to explain the 'essential and inexplicable').

21 JOHN HOSPERS, 'On Explanation', p. 351.

22 POPPER, 'Three Views Concerning Human Knowledge', p. 115.

23 'Three Views Concerning Human Knowledge', pp. 115-6.

Spiegazione, descrizione e realismo scientifico

ALAN E. MUSGRAVE
University of Otago, Dunedin (New Zealand)

« La scienza naturale non può spiegare i fenomeni del mondo fisico... La scienza naturale descrive *come* i fenomeni accadono, ma è del tutto incapace di rispondere alla domanda circa il *perché* essi accadono ».
E. W. Hobson

È stato talora sostenuto che le teorie scientifiche ci consentono di *descrivere con precisione come* le cose accadono, ma non possono in effetti *spiegare perché* esse accadono in quel modo. Secondo questa concezione (che chiamerò 'descrittivismo') la ricerca di spiegazione o di teorie che forniscano spiegazioni ('teorie esplicative') è una illegittima intrusione della metafisica nella scienza. Il descrittivismo è collegato con (ma non, come spesso si suppone, identico a) una concezione ancora più radicale che, seguendo Popper, chiamerò 'strumentalismo' o 'finzionalismo'. Lo strumentalista concorda col descrittivista nel ritenere che le teorie scientifiche non siano esplicative, ma egli si spinge più in là e nega anche che esse siano descrittive. Le teorie, secondo lo strumentalista, non sono descrizioni del mondo, ma artifici matematici o finzioni che ci consentono di classificare, sistematizzare e prevedere descrizioni del mondo. A entrambe queste concezioni si oppone il *realismo*, e lo scopo di questo articolo è di argomentare in favore di quest'ultimo.
Prendo le mosse dalla distinzione fra spiegazione e descrizione, o fra 'teorie esplicative' e 'teorie descrittive', distinzione che trovo molto imbarazzante; io sosterrò che la teoria scientifica tipica è *tanto* descrittiva *quanto* esplicativa, e che questa illusoria distinzione nasce da un'erronea identificazione di una spiegazione effettiva con una spiegazione *ultima* (o definitiva), la quale a sua volta trae origine da un'idea errata di quello che è lo *scopo* della spiegazione scientifica.

LA SCIENZA È TANTO ESPLICATIVA QUANTO DESCRITTIVA? - I

Comincerò con alcuni esempi famosi di teorie scientifiche che spesso sono state dette essere 'puramente descrittive' e non esplicative. La legge galileiana della caduta dei gravi, si dice spesso, descrive semplicemente in modo preciso *come* i corpi cadono, ma non ci spiega *perché* essi cadono in quel modo: si tratta quindi di una legge descrittiva ma non esplicativa. La premessa di questo ragionamento è ovviamente vera (e come tale l'ammetteva lo stesso Galileo) ma la conclusione è falsa (come già Galileo ebbe a vedere).
Galileo solleva la questione di « chi muova le parti della Terra in giù » nel suo *Dialogo sui massimi sistemi*. Simplicio ritiene di conoscere la risposta: « La causa di quest'effetto è notissima, e ciaschedun sa che è la gravità ». Ma Salviati, il portavoce di Galileo, precisa: « Voi errate, signor Simplicio; voi dovevi dire che ciaschedun sa ch'ella si chiama gravità. Ma io non vi domando del nome, ma dell'essenza della cosa: della quale essenza voi non sapete punto più di quello che voi sappiate dell'essenza del movente

le stelle in giro ... ma non è che realmente noi intendiamo più, che principio o virtù sia quella che muove la pietra in giù, di quel che noi sappiamo chi la muova in su, separata dal proiciente, o chi muova la luna in giro... »[1].

Quando il problema si pone ancora nei suoi *Discorsi*, Galileo lo evita: « Non mi par tempo opportuno d'entrare al presente nell'investigazione della causa dell'accelerazione del moto naturale, intorno al quale da varii filosofi varie sentenze sono state prodotte... Per ora basta al nostro Autore che noi intendiamo che egli ci vuole investigare e dimostrare alcune passioni di un moto accelerato (qualunque si sia la causa della sua accelerazione)... »[2].

Molti autori hanno letto questo come un'adesione di Galileo a una concezione 'descrittivista': la sua 'nuova scienza del moto' non cercherà di spiegare perché, ma semplicemente descriverà con precisione come i corpi si muovono.

Ma questo non è il punto di vista di Galileo. Verso la fine dei *Discorsi*, egli usa la sua legge della caduta dei gravi assieme alla sua legge d'inerzia e l'idea della composizione dei moti per 'dimostrare' (derivare il risultato) che un cannone avrà la gittata massima con un'elevazione di 45°. Sagredo esclama: « Piena di maraviglia e di diletto insieme è la forza delle dimostrazioni necessarie, quali sono le sole matematiche. Già sapevo io... ma l'*intender la cagione onde* ciò avvenga, supera d'infinito intervallo la semplice notizia auta dalle altrui attestazioni, ed anco da molte replicate esperienze ».

E Salviati replica: « V. S. molto veridicamente discorre: e la cognizione d'un solo effetto *acquistata per le sue cause* ci apre l'intelletto a 'ntendere ed assicurarci d'altri effetti senza bisogno di ricorrere alle esperienze, come appunto avviene nel presente caso; dove, guadagnata per il discorso dimostrativo la certezza ... ci dimostra l'Autore quello che forse per l'esperienza non è stato osservato: e questo è, che de gli altri tiri, quelli sono tra di loro eguali, le elevazioni de i quali superano o mancano per angoli eguali dalla semiretta... »[3].

Galileo non è un descrittivista. Egli ammette ovviamente che la sua legge sulla caduta dei gravi non spiega perché essi cadano, ma si limita a descrivere con esattezza come avvenga la caduta. Ma egli insiste che questa precisa descrizione spiega (o aiuta a spiegare) dei fatti sul comportamento dei cannoni. In breve, Galileo pensa che la sua legge sia tanto descrittiva quanto esplicativa.

Una situazione identica, a mio parere, si trova nel secondo esempio cui mi rifarò, Newton e la sua legge di gravità. Come affermava Galileo, dicendo « a causa della gravità » noi in effetti non spieghiamo perché i corpi cadono. E certamente non possiamo spiegare la legge galileiana della caduta dei gravi in questo modo (per quel che ne sappiamo, i corpi potrebbero cadere « a causa della gravità » con velocità invece che con accelerazione costante). Per spiegare in termini di gravità una precisa legge di caduta abbiamo bisogno di una *descrizione precisa di come i corpi gravitano*, ed è proprio questo che ci dà la legge di Newton. Newton ammette, come Galileo aveva fatto prima di lui, di non poter spiegare la sua legge. Ben presto, nei *Principia*, egli dice che tratterà l'attrazione gravitazionale « non fisicamente, bensì matematicamente » e che non dirà nulla circa la sua causa: « Questo è un concetto soltanto matematico. Infatti non considero le cause e le sedi fisiche delle forze ... Per il futuro chiamerò le attrazioni, così come gli impulsi, acceleratrici e motrici essendo identico il significato. In verità userò le parole attrazione, impulso, o propensione di qualcosa verso un centro indifferentemente e promiscuamente l'una per l'altra; visto che queste forze sono considerate non fisicamente ma matematicamente. Per cui, il lettore si guardi dal credere che io con queste parole abbia voluto definire una specie o un modo d'azione o una causa o una ragione fisica... »[4].

Ancora, in queste parole molti hanno letto un'adesione di Newton a una concezione 'finzionalista' o 'strumentalista' della sua legge. Ma, ancora una volta, questo non è il punto di vista dello stesso Newton. Così,

in un passo verso la fine dei *Principia* spesso citato (e altrettanto spesso frainteso) Newton insiste sul fatto che la sua legge ha una funzione esplicativa, pur negando di poterla spiegare: « Fin qui ho *spiegato* i fenomeni del cielo e del nostro mare mediante la forza di gravità, ma non ho mai fissato la causa della gravità ... In verità non sono riuscito ancora a dedurre dai fenomeni la ragione di queste proprietà della gravità, e non invento ipotesi ... Ed è sufficiente che la gravità esista di fatto, agisca secondo le leggi da noi esposte, e spieghi tutti i movimenti dei corpi celesti e del nostro mare »[5].

In altro luogo Newton difende il suo modo di procedere (e fa eco al rimprovero di Salviati a Simplicio): « Dirci che ogni specie di cose è dotata di una qualità occulta e specifica mediante la quale essa agisce e produce effetti evidenti è dirci nulla: ma derivare dai fenomeni due o tre principi generali del moto e quindi dirci come le proprietà e le azioni di tutti i corpi seguono da questi principi manifesti, questo sarebbe un passo veramente grande in filosofia, anche se le cause di quei principi non fossero ancora scoperte: e di conseguenza non ho scrupolo alcuno di proporre i principi del moto sopra ricordati, dal momento che essi sono di portata del tutto generale, e di lasciare le loro cause da trovare »[6].

Così Newton, come Galileo prima di lui, non è né un descrittivista, né un 'finzionalista'. Egli ammette che la sua legge di gravità non spiega perché i corpi gravitino ma semplicemente descrive con esattezza come essi gravitano. Ma egli insiste sul fatto che questa precisa descrizione spiega (o aiuta a spiegare) un gran numero di cose, ivi incluse le leggi di Galileo e di Keplero (come prime approssimazioni) e le periodicità delle maree nel loro complesso.

Un ultimo esempio. Si dice che la legge di rifrazione è 'puramente descrittiva': essa descrive il comportamento della luce nel passaggio da un mezzo a un altro, ma non spiega perché la luce si comporta in quel modo. E sia. Ma questa legge spiega (o aiuta a spiegare) perché un bastone appare spezzato se immerso in acqua, perché una moneta che resta invisibile sul fondo di un secchio può divenire visibile se il secchio viene riempito d'acqua (problema di Tolomeo), perché l'elevazione di un arcobaleno non è mai maggiore di circa 48° (spiegato nella *Meteorologia* di Descartes) e così via. Descrivendo con esattezza il comportamento della luce spieghiamo perché si verificano questi fenomeni.

Sembra allora che ognuna delle leggi cosiddette 'puramente descrittive' sia in effetti, nel contempo, anche esplicativa, sicché descrizione e spiegazione sono le due facce di una stessa medaglia. Questa posizione del senso comune è stata avallata, per esempio, da John Hospers: « 'Ma dopo tutto una spiegazione non è semplicemente una descrizione?' È del tutto corretto dire che quando spieghiamo qualcosa in effetti descriviamo — ad esempio, formulare leggi di natura è descrivere come funziona la natura. Ma ciò non esclude che noi *spieghiamo*. Quando si pone la domanda del perché, azionando l'interruttore, accendiamo la luce, noi spieghiamo semplicemente descrivendo ciò che accade — correnti, circuiti aperti e chiusi, conduzione dell'elettricità da parte dei fili, dinamo nelle centrali, ecc. Ma così facendo non abbiamo spiegato il fenomeno sul quale eravamo stati interrogati? Abbiamo spiegato *per mezzo* della descrizione, se si vuole; ma certamente abbiamo fornito una spiegazione. Dire che, dal momento che descriviamo non possiamo spiegare, sarebbe come dire che dal momento che un oggetto è rosso non può essere anche colorato »[7]. Ma non dobbiamo dimenticare, come Hospers corre il rischio di fare, la differenza fra descrizione e spiegazione di un fenomeno. È la *stessa* cosa che è rossa e colorata, ma non è la stessa cosa che viene descritta e spiegata. 'Descrivere' e 'spiegare' sono verbi transitivi che, in ogni dato contesto, si riferiscono a oggetti differenti; possiamo spiegare A descrivendo B, ma non possiamo spiegare A descrivendo A stesso. Una legge di natura può essere tanto descrittiva quanto esplicativa: ma essa descrive una cosa e ne

spiega un'altra, o è descrittiva a un livello e esplicativa ad un altro.

I 'livelli' di cui qui si parla devono essere analizzati *logicamente*: approssimativamente, una teoria A è ad un livello superiore o più profondo di una teoria B se A spiega B e, ovviamente, non *viceversa*.

(Per inciso, non dobbiamo assumere che questa profondità esplicativa o logica sia necessariamente collegata con quella che potremmo chiamare profondità *ontologica*. In altri termini, non dobbiamo assumere che se una teoria A è più profonda di una teoria B in senso logico, allora necessariamente A descrive entità di cui sono composte le entità descritte da B. La profondità logica può riflettere quella ontologica, come quando spieghiamo le macroproprietà di un tavolo in termini delle proprietà delle molecole che lo compongono. Ma non possiamo escludere *a priori* di poter spiegare un microcomportamento in termini macroscopici, e in questo caso la profondità logica non rifletterebbe quella ontologica. In realtà, affermare che ciò non possa accadere significa esprimere una interessante tesi *metafisica*: approssimativamente, che il comportamento del tutto dipende dal comportamento delle parti, ma non *viceversa*. Esempi di tesi di questo genere sono l''individualismo metodologico' nelle scienze sociali e il principio di 'microriduzione' nelle scienze fisiche. Essi sollevano problemi interessanti che non discuterò qui. Il punto qui è semplicemente che discorrere di profondità esplicativa o logica non comporta alcuna compromissione con tesi di questo tipo).

Restano due questioni. *Tutte* le derivazioni nelle quali intervengono teorie scientifiche sono *spiegazioni* delle loro conclusioni? E *tutte* le teorie scientifiche sono esplicative nel senso che esse hanno almeno alcuni impieghi esplicativi (intervengono in derivazioni esplicative)?

La risposta alla prima domanda è chiaramente 'No'. Ad esempio si può derivare la profondità di un precipizio dalla legge galileiana della caduta dei gravi con una condizione iniziale sul tempo impiegato da un corpo a cadere dalla quiete, in cui si trova sull'orlo del precipizio, sul fondo dello stesso. Ma questo non *spiega perché* il precipizio ha la profondità che ha (malgrado possa spiegare, o giustificare, che qualcuno gli attribuisca quella profondità)[8].

La risposta alla seconda domanda è meno ovvia. Le generalizzazioni esemplificative, come « tutti i metalli si dilatano se scaldati » sono state dette talora 'puramente descrittive' e non esplicative. Ora, può ben darsi che non si possa spiegare « il metallo M si dilata se scaldato » derivandolo da questa generalizzazione. Ma altri usi che di essa si possono fare sembrano genuinamente esplicativi. Il mio bambino mi osserva mentre tengo il tappo recalcitrante di una bottiglia sotto l'acqua calda, e mi chiede: «Perché fai così?». E io gli do una genuina spiegazione quando gli dico che il tappo è fatto di metallo, che i metalli si dilatano se scaldati, e che tenere il tappo sotto l'acqua calda lo scalda. Candidati più probabili per leggi che *non* hanno usi esplicativi sono le formule numeriche che semplicemente riassumono fatti quali la legge di Bode o la formula di Balmer. Si può *derivare* la distanza media di Urano dalla legge di Bode con in più l'informazione che Urano è il settimo pianeta dal sole: ma ciò non *spiega* perché Urano ha quella distanza media, né io riesco a immaginare alcuna deduzione esplicativa nella quale la legge di Bode figuri in modo essenziale. Relativamente a leggi *di questo tipo* il descrittivista e lo strumentalista possono segnare un punto a loro favore. Si noti tuttavia che malgrado tali leggi non *spieghino* alcunché, gli scienziati tentano di spiegare *tali leggi*, specialmente quando per loro mezzo si possono fare previsioni corrette. La legge di Bode costituisce un serio problema in questo senso solo dopo che per suo mezzo si ottiene in modo sostanzialmente esatto la distanza di Urano appena scoperto; ma non è più un problema (o una legge?) quando fornisce un'errata distanza per Nettuno. Analogamente, spiegare la formula di Balmer diviene un problema quando essa ha successo empirico.

Finora mi sono riferito a una distinzione puramente *intuitiva* fra deduzioni scientifiche esplicative e non. Mi auguro che il lettore abbia condiviso le mie intuizioni nei casi sopra considerati. Ma senza adeguati argomenti l'intuizione non è mai molto soddisfacente. E non lo è in particolare in questo caso perché l'intera questione fra descrittivisti e realisti dipende dal fatto che esista un'effettiva distinzione fra quelle deduzioni scientifiche che hanno caratteristiche esplicative e quelle che invece tali caratteristiche non posseggono. I realisti necessitano di un qualche ragguaglio circa l'esplicatività di una deduzione e debbo confessare di non poterlo esibire. La distinzione sembra essere connessa con la *causalità*: le spiegazioni danno *cause*, le deduzioni non esplicative, no. Ma questa è una traccia di soluzione, non una soluzione, e non la indagherò qui[9]. Piuttosto continuerò a riferirmi alla distinzione intuitiva perché non abbiamo ancora trattato il descrittivismo.

LE SPIEGAZIONI SCIENTIFICHE ELIMINANO LE PERPLESSITÀ? - II

La concezione galileo-newtoniana che le teorie scientifiche siano tanto descrittive quanto esplicative, anche se a livelli diversi, può sembrare così banale da essere incontrovertibile. Molti tuttavia non ne sono convinti. Permane una spiacevole sensazione che la legge di Galileo (o la legge della gravità di Newton, o la legge di rifrazione) non siano, dopo tutto, *realmente* esplicative. « Invocando la legge di rifrazione noi non spieghiamo *realmente* perché il bastone appare spezzato se viene semiimmerso nell'acqua, perché la rifrazione stessa rimane un mistero. Come potete sostenere che il vostro problema sia risolto se tutto ciò che avete fatto è proporne un altro? ». Così suona il tipo di argomento che potrebbe essere addotto in difesa di questa spiacevole sensazione.

L'argomento è in effetti assai ambiguo. Esso si fonda sull'idea che una spiegazione *reale* debba far appello a principi non misteriosi, sicché noi non porremmo la domanda 'Perché?' per quanto li riguarda, principi cioè che a loro volta non hanno bisogno di spiegazione. In breve, esso si fonda sull'idea che le uniche spiegazioni reali siano qualcosa come spiegazioni *ultime o autoesplicative*. Ora, è problematico se possano esistere spiegazioni ultime in questo senso, e mi riprometto di tornare sulla questione. Ma a parte ciò è certamente assai strano *identificare* spiegazione con spiegazione ultima. Infatti noi spieghiamo perché il bastone sembra spezzato invocando la legge di rifrazione, anche se non siamo poi in grado di spiegare la legge stessa. E Galileo spiega perché i cannoni hanno la gittata massima con l'elevazione di 45° anche se non spiega perché i corpi cadono con accelerazione costante. Hospers centra molto bene questo punto (egli chiama ultima una spiegazione « a livello di fatto bruto », dove « per definizione non possiamo sensatamente indagare oltre per ulteriori spiegazioni »): « Su questo punto esiste una confusione elementare, ma assai diffusa. Si dice che a meno che non si sia data una spiegazione a livello di fatto bruto, non si è dato del tutto... alcuna spiegazione; ad esempio, a meno che noi non sappiamo perché l'acqua aumenta di volume ghiacciando, perché la molecola dell'acqua ha una struttura cristallina, ecc., noi non sappiamo realmente perché i nostri tubi scoppiano. Ma certamente le cose non stanno così. Che noi sappiamo o no perché l'acqua aumenta di volume ghiacciando noi sappiamo che essa si comporta così e che è per questo che i tubi scoppiano nelle stagioni fredde. Se il problema era perché i tubi scoppiano, il principio dell'espansione dell'acqua ci fornisce una spiegazione. Se chiediamo perché l'acqua si espande ghiacciando stiamo ponendo *una altra* questione. Alla prima *è stato* risposto, sia che sappiamo o no rispondere alla seconda »[10].

La confusione può ben essere elementare come la chiama Hospers, ma alcuni pensatori assai acuti vi sono caduti. Consideriamo, ad esempio, l'interpretazione di Duhem della concezione che Newton ha della

sua legge di gravità. Secondo Duhem, Newton considerava la sua legge come una 'rappresentazione condensata' di fenomeni e sosteneva che: « Una tale rappresentazione condensata non è una spiegazione; la mutua attrazione che la meccanica celeste immagina fra due parti qualunque della materia ci consente di calcolare tutti i movimenti celesti, ma con ciò non viene rivelata la causa stessa di questa attrazione »[11].

In breve, si attribuisce a Newton di aver sostenuto che la sua legge non era esplicativa perché essa non era autoesplicativa[12]. Una tale interpretazione ci dice meno su Newton (che, come abbiamo visto, aveva una concezione diversa) di quanto non ci dica su Duhem stesso: e quello che ci dice su Duhem è che egli identificava spiegazione e spiegazione ultima. Questo, dalla premessa che la scienza non può raggiungere spiegazioni ultime, gli permetteva di concludere che la scienza non spiega del tutto. Del resto Duhem non era il solo ad argomentare in questo modo. Alcuni dei suoi avversari realisti, che non accettavano la conclusione di Duhem, riconoscevano tuttavia la validità del suo argomento e quindi ne rigettavano anche la premessa. Questo li conduceva ad affermare che la loro teoria esplicativa preferita rappresentava una spiegazione ultima (la concezione di Cartesio della sua teoria della materia, o quella di Cote sulla teoria della gravitazione di Newton, fanno al caso nostro). E altri realisti, scettici circa questi appelli *particolari* alla spiegazione ultima, si sentivano costretti ad accettare una concezione strumentalista o descrittivista delle teorie in questione (così molti realisti aderirono con riluttanza alla concezione strumentalista della teoria di Newton). Ma questa ritirata non era necessaria, perché il ragionamento di Duhem non è valido: una teoria può essere genuinamente esplicativa senza per questo dare spiegazioni ultime.

Quando una 'confusione elementare' è così diffusa, viene il sospetto che essa abbia una qualche fonte profonda, e secondo me la nostra ce l'ha. Il senso comune (e l'uso ordinario) hanno quella secondo la quale spiegare qualcosa significa eliminare l'imbarazzo (di qualcuno) riguardo a quella cosa, di acquietare la curiosità (di qualcuno). Supponiamo di partire da questa idea apparentemente innocua e supponiamo inoltre di concentrare la nostra attenzione sull'imbarazzo *in quanto tale* e di ignorare da *che cosa* esso è provocato. Chiediamoci ora se l'imbarazzo è *eliminato*, relativamente al bastone che appare spezzato nell'acqua, ricorrendo alla legge di rifrazione. La risposta è (o dovrebbe essere) negativa: questa ragione non elimina (o non dovrebbe eliminare) assolutamente l'imbarazzo, piuttosto lo *situa altrimenti*. Invece di essere imbarazzati circa il bastone spezzato, diveniamo ora (o dovremmo divenire) confusi circa la legge di rifrazione. Da un punto di vista puramente soggettivo, nel quale noi ignoriamo a *che cosa* è dovuto il nostro imbarazzo, non abbiamo ottenuto nulla: la confusione rimane e semmai è aumentata. E se noi riguardiamo le spiegazioni scientifiche da questo punto di vista, chiedendo loro di eliminare l'imbarazzo, siamo destinati a rimanere delusi e a concludere che la scienza in realtà non spiega proprio niente. Io credo che questa concezione soggettiva della spiegazione stia alla base della richiesta che una spiegazione genuina debba in qualche modo essere ultima. Una spiegazione ultima è tale che a suo riguardo non possano sorgere problemi di alcun tipo, e solo una spiegazione siffatta potrebbe *eliminare* l'imbarazzo (in contrapposizione col situarlo altrimenti). Ma la concezione soggettiva della spiegazione è inadeguata. Essa trasforma la spiegazione in un *affare personale*, in quanto chiaramente ciò che può far cadere la perplessità in una persona può non avere questo effetto su un'altra. E mentre il non curioso potrebbe essere soddisfatto dalla contemplazione di una spiegazione scientifica, un sorso di buon whisky metterebbe le cose a posto molto meglio. La scienza può ben *aver origine* da perplessità o imbarazzo relativamente a fenomeni tanto familiari quanto non comuni che portano a chiedersi una loro

spiegazione; ma la scienza richiede pure che questi problemi di spiegazione vengano risolti secondo procedure particolari, sicché un problema non è necessariamente risolto in modo adeguato quando è stato rimosso l'imbarazzo che esso suscitava. La concezione puramente soggettiva della spiegazione ignora questa dimensione oggettiva dei problemi scientifici e delle loro soluzioni. E proprio per questa ragione essa è inadeguata.

Da un punto di vista oggettivo, invocando la legge di rifrazione noi *spieghiamo* perché il bastone appare spezzato nell'acqua, a dispetto del fatto che quella legge rimane inspiegata. *Infatti il problema esplicativo che rimane è diverso dal problema che è stato risolto.* Il problema di spiegare la legge di rifrazione è nel contempo più generale e più preciso del problema di spiegare perché il bastone sembra spezzato nell'acqua. Di una spiegazione che solleva esattamente lo stesso problema esplicativo può ben a ragione dirsi che essa non è un'effettiva spiegazione anche se per suo mezzo può essere stata eliminata una buona porzione di imbarazzo. (Spiegare che la terra non cade perché è sostenuta da un elefante solleva l'identico problema di spiegare perché l'elefante non cade. Suppongo tuttavia che questa e simili 'spiegazioni' riescano a eliminare una porzione di imbarazzo maggiore di quanto non faccia la maggior parte di rispettabili teorie scientifiche). La similarità o la differenza di problemi esplicativi, che è qui cruciale, può essere riconosciuta solo se abbandoniamo il punto di vista soggettivo in favore di quello oggettivo: se noi ci concentriamo non su sentimenti di imbarazzo in quanto tali ma su *ciò* che li provoca. E una volta assunto un punto di vista oggettivo, possiamo vedere che ben poco resta da dire sull'idea che solo le spiegazioni ultime siano spiegazioni genuine.

Lo strumentalista non solo nega che le teorie scientifiche siano esplicative; egli nega anche che siano descrittive. Come abbiamo visto, la prima di queste negazioni trova la sua origine nel fatto che viene operata un'erronea identificazione fra spiegazione e spiegazione ultima. La seconda si basa invece spesso su un'identificazione altrettanto erronea fra verità e certezza. Si può sostenere che noi non possiamo mai essere *certi* che una qualunque teoria sia una descrizione vera del mondo. Ma da ciò non possiamo concludere che le teorie scientifiche non sono del tutto descrizioni vere o false. Ragionare in questo modo potrebbe essere fallace perché la premessa potrebbe essere vera e la conclusione falsa. E tuttavia questo è un altro errore assai diffuso.

Esso pervade gli scritti di Duhem. Egli osserva, per esempio, che poiché ogni misurazione sperimentale è in certo grado imprecisa, ogni insieme di dati può essere adattato a un molteplicità di leggi precise. E da questo conclude che nessuna legge può essere vera o falsa, dal momento che « ogni altra legge rappresentante gli stessi esperimenti con la stessa approssimazione può pretendere come la prima il titolo di legge vera »[13]. Ancora, egli osserva correttamente che tutte le leggi sono 'provvisorie' (perché nessuna può essere certa); e continua « che non dobbiamo intendere che ciò significhi che una legge fisica è vera per un certo tempo e quindi falsa, ma che in nessun tempo essa è vera o falsa »[14]. E finalmente, quando Duhem cerca alleati filosofici, egli assume ripetutamente la negazione del fatto che le teorie scientifiche possano essere riconosciute vere come negazione del fatto che esse possano avere un valore di verità. Un esempio fra i molti sarà sufficiente: egli cita l'Aquinate sulla « incapacità del metodo fisico di afferrare una spiegazione che sia certa » (come la mette Duhem) e si serve di questo per dimostrare che Tommaso è un filosofo che riconosce « che le teorie fisiche non sono assolutamente spiegazioni e che le loro ipotesi non sono giudizi sulla natura delle cose »[15].

È ovvio tuttavia che verità e certezza non sono la stessa cosa, e che noi non possiamo concludere validamente dal fatto che le teorie scientifiche sono incerte il fatto che

esse non possono essere vere. « T è incerta » non comporta né « T è falsa » né « T non è né vera né falsa ». (Il primo punto mostra che il *criticismo scettico*, teso a mostrare che non possiamo essere certi di alcune proposizioni, non è in realtà criticismo della proposizione in questione, ma solo dell'affermazione di esserne certi). Adottare, relativamente a una teoria fisica, una posizione fallibilista, non compromette con lo strumentalismo.

Dobbiamo quindi opporci all'identificazione di verità con certezza e di spiegazione con spiegazione ultima. Ma cosa si può dire dell'idea stessa di spiegazione ultima? Potrebbe esistere qualcosa del genere? Mi tratterrò sulla questione nel prossimo paragrafo.

ESISTONO SPIEGAZIONI ULTIME? - III

La prospettiva di sottrarsi alla minaccia di un regresso infinito di spiegazioni per mezzo di una qualche spiegazione ultima è spesso parsa attraente. La sua attrattiva può essere ridimensionata, ritengo, se si riflette sul fatto che il regresso delle spiegazioni non è vizioso, dal momento che non è lo *stesso* problema che viene posto a ogni stadio. Ed essa perderà ancora in attrattiva una volta che noi esaminiamo attentamente l'idea stessa di spiegazione ultima, perché essa è un'idea non plausibile. Come possono esistere spiegazioni i cui principi non sollevino a loro volta problemi di spiegazione? Due candidati per questo ruolo hanno avuto una qualche plausibilità. Il primo è la *spiegazione teologica*, i cui principi vengono detti essere un diretto risultato della volontà di Dio. Tali principi non possono essere spiegati a loro volta come risultanti dall'operare di più profondi principi scientifici. E a questo riguardo una spiegazione teologica può essere pensata come ultima. (Due esempi di spiegazioni di questo tipo sono quella di Keplero del numero e delle distanze dei pianeti in termini del progetto geometrico che dell'universo ha Dio, e la spiegazione finale di Newton della sua legge di gravità come risultante dalla diretta azione divina su ogni parte della materia sempre e ovunque). Tuttavia l'apparenza di definitività è quindi illusoria. Si *può* chiedere *perché* Dio ha deciso di istituire un certo insieme di leggi e non qualche altro. Certo, la spiegazione avrà forma *teleologica*, e si riferirà ai propositi divini o alle divine simpatie o antipatie. Ma non dobbiamo confondere i limiti della spiegazione fisica, che possono ben essere stati raggiunti con una spiegazione teologica, con i limiti di una spiegazione in generale, qualunque essa sia. Le spiegazioni teologiche non sono in verità ultime. (E giudicate con gli usuali criteri di adeguatezza come deducibilità o controllabilità indipendente, esse sono, comunque, disgraziatamente inadeguate).

Il candidato secolare per il ruolo di spiegazione ultima salta fuori dall'*essenzialismo aristotelico*[16]. In risposta al problema del cambiamento (come può cambiare X, se per rimanere lo stesso X deve essere inalterato?) Aristotele divise le proprietà delle cose in essenziali e accidentali. Una cosa X può acquistare o perdere una proprietà accidentale e rimanere la stessa cosa. Ma la proprietà essenziale di X (assumerò per semplicità che ogni cosa abbia una soltanto di tali proprietà) è ciò che rende X la cosa che esso è: se X perde tale proprietà, allora esso cessa di essere X. Ora, se la proprietà essenziale di X è E, non è sensato chiedere *perché* X ha la proprietà E — infatti non sarebbe X se mancasse di E. Questo condusse Aristotele e i suoi seguaci a sognare che i principi esplicativi ultimi delle scienze dovessero essere enunciati sulle essenze delle cose, relativamente ai quali nessun problema esplicativo poteva assennatamente porsi. Assumendo che tali enunciati fossero i *soli* principi esplicativi usati (un'assunzione molto impegnativa) sarebbero possibili le spiegazioni ultime e si potrebbe bloccare il regresso all'infinito della spiegazione.

Non solo queste spiegazioni erano *possibili*: gli aristotelici ritenevano che esse avrebbero potuto essere ottenute e si sarebbe *saputo*

di averle raggiunte. Questo mi porta alla dimensione epistemologica dell'essenzialismo. Se l'essenza di X è E, allora non è possibile che X manchi di E. Quindi l'enunciato « X è E » è una *verità necessaria* (è vera in tutti i mondi possibili). Ed essa gode con le altre verità necessarie delle seguenti proprietà: può essere scoperta mediante un ragionamento *a priori* e può essere conosciuta per certa. (L'induzione di Aristotele o *epagōgē*, il processo di intuire l'essenza, potrebbe essere pensato come una procedura *empirica*, poiché Aristotele insiste sul fatto che esso prende le mosse dall'osservazione di qualche particolare X. Ma io penso che qui l'osservazione del particolare abbia solo l'importanza che ha l'osservazione di figure particolari in geometria: essa è euristicamente importante ma epistemologicamente ridondante). Gli enunciati sulle essenze delle cose sono quindi verità necessarie, conoscibili *a priori* e con certezza; e si ritiene che essi siano anche, ovviamente, enunciati ad alto contenuto di informazione circa il mondo, che servano a spiegare i fenomeni.

Si osservi tuttavia che una volta asserita l'*adeguatezza esplicativa* dei nostri enunciati sulle essenze, la dottrina originaria diventa incoerente. Se « X è E » spiega perché « X è A » dove A denota una qualche proprietà accidentale, allora anche « X è A » varrà necessariamente perché è derivabile da una singola verità necessaria. Così svanisce l'originaria distinzione fra predicazione essenziale o necessaria e accidentale o contingente. Sembra che Leibniz sia stato il primo a notare questa contraddizione nella posizione di Aristotele: egli la risolse, ovviamente, negando la predicazione contingente e che una proprietà potesse essere più essenziale di qualunque altra. I moderni sono più propensi a cogliere l'altro corno del dilemma e a negare la predicazione essenziale: nessun enunciato del tipo soggetto-predicato può essere *necessariamente* vero, essi diranno, e nessuna proprietà è una proprietà *essenziale* di una cosa. Ma in proposito i moderni devono esercitare un'attenta cautela. Infatti, anche loro ammettono come necessariamente veri quegli enunciati del tipo soggetto-predicato che sono *definizioni* o che *seguono logicamente da definizioni*. Questa ammissione tuttavia non ci compromette necessariamente con l'essenzialismo. Infatti le definizioni dei moderni sono *nominali*, cioè registrano convenzioni per l'uso di parole o di convenienti abbreviazioni non *reali*, ossia esprimenti importanti verità fattuali. I moderni insisteranno che niente può essere ***spiegato*** mediante un sistema di definizioni nominali.

Il fascino dell'essenzialismo, antico e moderno, ha spesso origine dal suo insano collegamento con la definizione. « Il sodio ha peso atomico 11 » si presenta, da una parte, come un enunciato fattuale informativo, formulato dopo decenni di intricate sperimentazioni e teorizzazioni chimiche. Ma esso viene anche presentato come una verità *definitoria*: « avere numero atomico 11 » è la proprietà definitoria del sodio, e una sostanza non *sarebbe* sodio se non godesse di questa proprietà. Possiamo sapere per certo che il sodio ha peso atomico 11 (perché, dopo tutto, ciò è questione di definizione) e l'enunciato esprime d'altra parte un interessante fatto chimico relativo al sodio (infatti, dopo tutto, esso non è equivalente a « il sodio è sodio »). Sembra in definitiva che possiamo avere la botte piena e la moglie ubriaca (dire qualcosa di interessante ed esserne certi).

Così Brody, nel suo tentativo di risuscitare l'essenzialismo, afferma che quelli sulle essenze sono enunciati *empirici*, che vanno scoperti e sostenuti empiricamente[17]. Egli insiste anche sul fatto che « la struttura atomica di un qualche pezzo di sodio ... è una proprietà essenziale di quell'oggetto. Qualcosa con un differente numero atomico sarebbe un oggetto (numericamente) diverso »; e più avanti egli ammette che non si può dire nulla per rispondere alla domanda del *perché* il sodio ha proprio quel numero atomico[18]. Ma se già sappiamo che nulla verrà considerato sodio a meno che il suo numero atomico non sia 11, ecco che disponiamo di una verità definitoria: la

ricerca empirica potrebbe dirci che qualche pezzo di materia non è sodio, ma non è possibile che ci dica che del sodio non ha il numero atomico 11[19]. Se, d'altra parte, sosteniamo la possibilità di trovare un pezzo di sodio con numero atomico diverso da 11, allora « Il sodio ha numero atomico 11 » diventa un'affermazione *empirica*. In questa direzione si muove Brody quando insiste sul fatto che gli enunciati sulle essenze figurano in modo essenziale nelle spiegazioni scientifiche (anzi, il motivo ricorrente del suo scritto è che niente è una genuina spiegazione *a meno che* non contenga un tale enunciato). Ma ancora, se tali enunciati sono verità definitorie essi sono eliminabili senza alcuna perdita di potere esplicativo; se non lo sono, allora essi sono affermazioni empiriche. Se gli enunciati sulle essenze delle cose sono definizioni, allora essi non possono fare quello che ci si aspetta da loro. L'insano collegamento con la definizione deve essere spezzato. Quello che rimane dopo questa operazione è una dottrina ben lungi dall'essere chiara. Se « il sodio ha numero atomico 11 » è un enunciato contingente, cosa si intende allora dicendo che « avere numero atomico 11 » è una proprietà *essenziale* del sodio? Come si può sostenere che il sodio non *sarebbe* sodio se non godesse di questa proprietà? E infine, come si può sostenere che « il sodio ha peso atomico 11 » è una verità *ultima* e inesplicabile relativa al sodio?

L'essenzialismo è dunque una dottrina non chiara. A dispetto tuttavia di questa sua oscurità, essa ha avuto grande influenza, e quello che *è* chiaro è che questa influenza non era proprio auspicabile. I candidati per la spiegazione ultima o essenzialista che sono stati proposti nel passato non hanno avuto successo. È spesso avvenuto che il tentativo di spiegare in che senso la posizione essenzialistica è definitiva e non ulteriormente spiegabile si è dimostrato fruttuoso. Il che suggerisce che, dal momento che non possiamo mai essere sicuri di aver raggiunto l'essenza delle cose, non dovremmo mai porre un limite a possibili altre proficue indagini affermando che tale essenza è stata raggiunta[20]. Questo argomento *metodologico* conserva tutta la sua forza indipendentemente dal fatto che sia sensata l'idea che le cose posseggono proprietà essenziali o, più in generale, dall'idea che alcuni principi esplicativi possano essere ultimi.

Esistono verità ultime sul mondo ogni tentativo di spiegare le quali è destinato al fallimento (malgrado noi non possiamo saperlo)? Non lo so. *Potrebbero* esistere tali verità? Non vedo ragioni per negarlo. Potrebbe esserci un 'minimo' livello esplicativo raggiungibile dalla scienza: le leggi di natura potrebbero costituire un insieme finito e la scienza ne scoprirebbe alcune o tutte. Ovviamente, l'argomento metodologico di Popper mostra che gli scienziati non *saprebbero* di aver raggiunto il minimo e di conseguenza continuerebbero nell'infruttuoso tentativo di spiegare queste leggi in termini di qualcosa di più profondo. Ciononostante, anche i filosofi che accettano questa visione metodologica potrebbero ancora discutere su dove è situato questo 'minimo'. La speculazione di Hospers in questo senso è particolarmente interessante: « Sembra esserci un caso in cui il livello di fatto bruto [minimo] è raggiunto immediatamente, e invita a fermarsi: penso alla correlazione di certi stati mentali con certi stati fisici ... *Perché* ho una certa sensazione cromatica, che chiamo rosso, quando le onde luminose di una certa frequenza colpiscono la retina dei miei occhi, e un'altra sensazione, assolutamente diversa, che chiamo giallo, quando raggi di un'altra frequenza colpiscono la retina? Che la prima frequenza sia correlata con quell'unica esperienza e la seconda con l'altra, sembra essere un puro fatto bruto, che nessun ammontare di informazione sulla fisica e sulla fisiologia avrebbe potuto metterci in condizioni di prevedere »[21].

Se Hospers ha ragione, il problema mente-corpo (o meglio, un suo sottoproblema) è in effetti uno pseudoproblema, un tentativo di spiegare ciò che spiegabile non è. E se ha ragione Popper, noi continueremo proprio a cercare di far questo!

C'è ovviamente una posizione alternativa:

che non esista 'minimo'; che l'universo ammetta una successione infinita di verità esplicative; che esso sia simile a una cipolla con infiniti strati da pelarsi successivamente, ma senza un centro ultimo. Questa seconda posizione metafisica (perché di questo in effetti si tratta) è stata avanzata da Popper. Ma l'argomento che egli porta a suo sostegno non mi sembra cogente: « L'essenzialismo considera il mondo ordinario come mera apparenza dietro la quale esso svela il mondo reale. Tale concezione deve essere rigettata non appena diventiamo consapevoli del fatto che il mondo di ciascuna delle nostre teorie può essere a sua volta spiegato da ulteriori mondi che risultano descritti da ulteriori teorie — dotate, queste ultime, di un maggior grado di astrazione, universalità e controllabilità. La dottrina di una *realtà essenziale o ultima* cade assieme a quella di una spiegazione ultima »[22].

Io ritengo che le cose non stiano così. Il fatto (epistemologico) che la scienza possa proseguire indefinitamente proponendo « teorie di un maggior grado di strazione, universalità e controllabilità » non contraddice l'affermazione (metafisica) che da un certo punto in poi tutte queste teorie possano essere false; ed è appunto questa seconda affermazione che verrà fatta da chi crede in un livello ultimo o essenziale di realtà. Il modello popperiano della 'cipolla infinita' si armonizza al meglio con la sua metodologia, ma non ne è una conseguenza.

Si tratta comunque di un modello interessante. Mi piace specialmente il modo con cui esso consente a Popper di superare lo spurio *contrasto* fra 'mondo del senso comune' e 'mondo della fisica' (che ha portato alcuni a rinunciare al senso comune, altri ad abbandonare la fisica realistica) e la spuria *distinzione* fra qualità primarie e secondarie: « Siamo quindi indotti a considerare tutti questi mondi, incluso il nostro mondo ordinario, come egualmente reali; o meglio, forse, come aspetti o livelli egualmente reali del mondo reale. ... È dunque sbagliato dire che il mio pianoforte, quale io lo conosco, è reale, mentre i suoi presunti atomi e molecole sono mere 'costruzioni logiche' (o qualsiasi altra cosa che ne sancisca l'irrealtà); proprio come è sbagliato sostenere che la teoria atomica dimostra che il pianoforte del mio mondo quotidiano è soltanto un'apparenza — dottrina che risulta chiaramente insoddisfacente ove osserviamo che gli atomi a loro volta possono forse spiegarsi come perturbazioni o strutture di perturbazioni in un campo quantico di forze (o magari di probabilità). Tutte queste congetture presumono con pari diritto di descrivere la realtà, sebbene alcune di esse siano spiccatamente più congetturali di altre. Quindi, per fare un esempio, non considereremo reali soltanto le cosiddette 'qualità primarie' di un corpo (quale è la sua forma geometrica) e non le contrapporremo, come fecero gli essenzialisti, alle sue irreali e meramente apparenti 'qualità secondarie' (come il colore). Infatti, l'estensione stessa e la forma di un corpo sono in seguito divenuti *oggetti di spiegazione*, nei termini di teorie di livello superiore; ... e le proprietà secondarie, come i colori, sono reali quanto le primarie, anche se si devono distinguere le nostre sensazioni relative ai colori dalle proprietà dei colori inerenti ai corpi fisici, esattamente come vanno distinte le nostre esperienze relative alle forme geometriche dalle proprietà geometrico-strutturali dei corpi fisici. Dal nostro punto di vista le due specie di qualità sono egualmente reali, vale a dire, supposte reali... »[23].

CONCLUSIONE: VARIETÀ DI REALISMO SCIENTIFICO - IV

Mi si consenta di discendere da queste regioni metafisiche e di concludere chiedendo quale tipo di realismo scientifico è suggerito dalle considerazioni precedenti. Possiamo elencare le seguenti quattro tesi realistiche:

1. Le teorie scientifiche sono (*a*) *descrizioni* vere o false *della realtà*, che (*b*) possono essere usate per *spiegare* aspetti di essa;
2. Alcune di queste teorie si possono *riconoscere* come vere;

3. Alcune di queste teorie sono verità *ultime*, che non possono essere spiegate per mezzo di teorie vere di livello superiore;
4. Una di queste teorie è *comprensivamente* vera, sicché essa spiega tutto.

Ho aggiunto (4) per completezza: esso rappresenta l'ultima parola nell'importante tendenza degli scienziati di cercare di *unificare* teorie distinte in una singola teoria. Sono ora possibili varie forme di realismo da differenti combinazioni di queste quattro tesi (o delle loro negazioni). Possiamo distinguere:

Realismo dogmatico: tesi (1) e (2);

Essenzialismo (come definito da Popper): (1) e (2) e (3);

Essenzialismo comprensivo: (1) e (2) e (3) e (4).

Sono ovviamente possibili altre posizioni: quella di Hospers può essere rappresentata da (1) e *non*-(2) e (3). La forma meno ambiziosa di realismo sembrerebbe essere:

Realismo modesto: (1) ma *non*(2) e *non*-(3) e *non*-(4).

Il *descrittivismo*, come qui definito, accetta (1*a*) mentre nega (1*b*), (2), (3) e (4). Come ho già detto, per potersi effettivamente opporre a questa concezione, il realista deve in qualche modo poter distinguere fra una deduzione scientifica esplicativa e una che tale non è. Lo *strumentalismo*, come qui definito, nega tutte e quattro le tesi (1)-(4). Il suo esponente più illustre fu Duhem la cui più famosa pretesa fu quella di aver demolito (2) e (3). (Egli non si diede mai cura di attaccare (4) esplicitamente). Ma Duhem commise due errori: egli pensava che se non esiste spiegazione ultima non esiste spiegazione *tout court*; e pensava inoltre che se non esiste verità certa, non esiste verità. Essendosi sbarazzato di (2), e quindi del realismo dogmatico, e di (3), e quindi dell'essenzialismo, Duhem riteneva di aver refutato ogni forma di realismo. In questo sbagliava. C'è un realismo più modesto non toccato dagli argomenti di Duhem. Principalmente alla difesa di questo modesto realismo è stato dedicato questo saggio.

A. E. M.

BIBLIOGRAFIA E NOTE

1 GALILEO, *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, in G. GALILEI, *Opere*, a cura di Franz Brunetti, Utet, Torino, 1964. Il *Dialogo* si trova nel secondo volume. La citazione è tratta dalla Giornata seconda, p. 291.

2 GALILEO, *Discorsi intorno a due nuove Scienze*, in G. GALILEI, *Opere*, cit., Giornata terza, p. 734.

3 GALILEO, *Discorsi*, cit., Giornata quarta, pp. 798-9 (corsivo mio).

4 NEWTON, *Principi matematici della filosofia naturale*, a cura di A. PALA, Utet, Torino, 1965, Libro I, Definizione VIII, pp. 99-100. In effetti, ovviamente, Newton tentò di dare una spiegazione meccanica della sua legge, ma fallì, finendo sembra con l'adottare una spiegazione teologica (nella quale la sua legge è un effetto diretto della volontà divina, agente sempre e ovunque su tutti i corpi).

5 *Ibidem*, Libro III, Scolio generale, pp. 795-6.

6 NEWTON, *Opticks*, Book III, Query 31, pp. 401-2 (Dover Publications, 1952).

7 JOHN HOSPERS, 'What is explanation?', in *Essays in Conceptual Analysis*, edited by ANTONY FLEW (MacMillan, 1956), pp. 94-119; si vedano pp. 117-8. (Si tratta di una versione rielaborata dell'articolo 'On explanation' apparso in *The Journal of Philosophy*, vol. 43, 1946, pp. 337-56).

8 Per questo esempio, ed altri riferentisi allo stesso punto, si veda S. BROMBERGER, 'Why-Questions', in *Mind and Cosmos* (University of Pittsburgh Series in the Philosophy of Science, Volume III, University of Pittsburgh Press, 1966); ristampato in B. A. BRODY (ed.), *Readings in the Philosophy of Science* (Prentice-Hall, 1970), pp. 66-87; cfr. pp. 70-73.

9 Salvo un'osservazione. Si ritiene di solito che una spiegazione causale differisca da una deduzione non causale, non esplicativa, perché contiene una *legge causale*. E il nostro problema si traduce in quello di distinguere le genuine leggi causali dalle mere 'generalizzazioni accidentali'. Su questo secondo problema è stato versato molto inchiostro, per lo più sprecato. Io preferisco un approccio diverso. La legge di Galileo o quella di Newton o la legge di rifrazione non assomigliano molto a una 'legge causale' e tuttavia esse figurano in modo essenziale in spiegazioni causali. Questo mi suggerisce che una spiegazione causale è caratterizzata non dalla presenza di un tipo speciale di *legge*, ma da particolari proprietà delle *condizioni iniziali*. (Secondo me Russell aveva ragione quando diceva che nella scienza avanzata le dipendenze funzionali rimpiazzano le 'leggi causali'. Ma egli errava concludendone che la scienza avanzata non ha nulla a che fare con le cause).

10 HOSPERS, 'On Explanation', p. 341, nota. Questo passaggio non figura nella versione rielaborata dell'articolo sopra citato, ricordata nella nota 7.

11 P. DUHEM, *The Aim and Structure of Physical Theory*, tradotto da P. P. Wiener (Princeton University Press, 1954), p. 47.

12 Questa interpretazione di Newton è divenuta corrente. Per fare solo un esempio, Westfall scrive: « Newton credeva che la natura fosse in definitiva opaca alla comprensione umana. La scienza non può sperare di raggiungere una conoscenza certa sull'essenza delle cose. Tale era stato il programma dei filosofi meccanicisti del XVII secolo e la costante sollecitazione a immaginare meccanismi invisibili proveniva dalla convinzione che una spiegazione scientifica è valida solo se riconduce i fenomeni a entità ultime. Per Newton, viceversa, la natura era un dato, alcuni aspetti del quale non sarebbero

mai stati intelleggibili. Quando impararono ad accettare la stessa limitazione, altre scienze... cessarono analogamente di giocare con meccanismi invisibili e *con la descrizione, invece che con la spiegazione*, formularono un insieme di concezioni adeguate ai loro fenomeni. Newton credeva che *lo scopo della fisica fosse quello di dare un'esatta descrizione dei fenomeni del moto in termini quantitativi*. Così il concetto di forza poteva essere ammesso nelle dimostrazioni scientifiche anche se la realtà ultima della forza non era compresa » (R. S. WESTFALL, *The Construction of Modern Science*, Wiley, 1971, pp. 158-9, corsivo mio).

13 P. DUHEM, cit., pp. 171-2.

14 P. DUHEM, cit., p. 172.

15 P. DUHEM, cit., pp. 41 e 39. Ci sono molti altri esempi di tali fraintendimenti negli scritti di Duhem. Il suo volume *To Save the Phenomena* (tradotto da E. Doland e C. Maschler, University of California Press, 1969) ne è pieno; essi consentono a Duhem di concludere che la tradizione strumentalista ha una lunga storia (ciò che in effetti ha una lunga storia è il fallibilismo).

16 Questa dottrina è così importante che Popper *identifica* la credenza in spiegazioni ultime con l'essenzialismo: si veda il suo 'Tre differenti concezioni della conoscenza umana', in *Congetture e confutazioni*, trad. it., Il Mulino, Bologna, 1972, p. 182.

17 Si veda B. A. BRODY, 'Towards an Aristotelian Theory of Scientific Explanation', *Philosophy of Science*, vol. 31, N. 9, March 1972, pp. 20-31; cfr. pp. 26-7.

18 BRODY, cit., pp. 25 e 27.

19 Nessun oggetto o pezzo di materia può essere numericamente diverso da se stesso (per la legge logica dell'identità). Così non possiamo, come suggerisce Brody, scoprire che un pezzo di sodio è numericamente diverso da se stesso perché non ha numero atomico 11. Quello che noi *potremmo* trovare è che il nostro pezzo di materia era scorrettamente descritto come sodio. Ciò che è problematico nella ricerca non è « Il sodio ha numero atomico 11 » bensì piuttosto « Questo pezzo di materia è sodio ».

20 Questo è l'argomento centrale di Popper contro l'essenzialismo nel suo 'Tre concezioni', cit.: si vedano in particolare le pp. 183-6 (dove Popper fornisce esempi di tentativi fruttuosi di spiegare l'"essenziale e inesplicabile').

21 JOHN HOSPERS, 'On Explanation', cit., p. 351.

22 POPPER, 'Tre concezioni', cit., p. 199.

23 POPPER, 'Tre concezioni', cit., pp. 199-200.

Planner's Tensions and Inflationary Pressures in Centrally Planned Economies

GEORGE R. FEIWEL
The University of Tennessee, Knoxville

The phenomenon of inflation is not confined to developed and developing market economies. Despite the imposition of relatively tight price-wage controls, quasi-isolation of domestic from world market prices, and the imposition of comprehensive foreign trade and exchange controls, the Soviet-type economies (STEs) suffer from potent inflationary pressures. These pressures are generated by many factors and surface under various guises. The preponderant factors are the industrialization rush, optimistic planning, and faulty institutional arrangements. The result is a disequilibrium between purchasing power and the availability of consumer goods: During plan implementation purchasing power is usually appreciably higher and the fund of consumer goods made available considerably smaller than originally planned. To observe this phenomenon a perspective on plan construction and growth strategy is required.

There is potentially one fundamental economic advantage of a socialist economy: The central planner (c.p.) is able to solve simultaneously the problems of capital accumulation, effective demand and income distribution by setting an appropriate price-wage ratio, thus extracting the 'surplus product' from the population. The crucial decision about the size of accumulation (hence about the time distribution of consumption) is largely political. There are two fundamental aspects of the problem: 1) The c.p. in a particularly authoritarian regime has a substantially greater opportunity of forcing capital accumulation (of violating consumers' intertemporal preferences) than has a present-day market economy. The c.p.'s power of extracting or collecting the 'surplus product' is considerable, but it is increasingly more circumscribed for recent events demonstrate that there are critical limits to the population's tolerance. 2) The c.p. has a considerable degree of freedom in setting allocative priorities and in investing the investible resources, but in a dynamic system the possibility of reallocation and the limits imposed on the c.p. are much more constrictive than is usually conceived. Naturally the success of the centrally planned economy depends not only on the ability or capacity to extract accumulation, but on the efficiency and uses made of the available resources. Here the record is unimpressive, to say the least.

I One of the key problems of a development strategy is the choice of the time horizon for maximizing consumption. The intertemporal choice is customarily presented as a resolution of the conflict between present and future consumption. But the problem is complicated by the fact that the future can be interpreted as a time interval of various lengths. Since by raising the growth rate the level of consumption may be less favorable over a certain period and more favorable thereafter, the relative advantages of the c.p.'s maneuver become greater, the longer the time span he is considering.

Maximization of consumption during the life span of one generation, or even of a good part thereof, seems to be an inequitable and unrealistic prescription, whether such a policy leads to significant inroads into consumption during a longer span of life of that generation or whether it produces such consumption paths that the fruits are to be enjoyed only in the relatively distant future. The importance of the time horizon in consumption maximization exercises is crucial, for in an extreme case, it might enable the c.p. to show that an excessively high rate of investment would produce such a high growth rate that consumption in the entire plan period would be higher than if a lower rate of investment had been chosen. But even if the c.p. were insensitive to the hardships on the population during the early years of the plan, he would be forced to realize that, with the assumed standard of living, the population might die of starvation before it fulfilled the plan[1].

The c.p. should compare the benefits from raising the growth rate with the inroads into consumption made by raising the accumulation rate, resulting in possible consumers' resistance. Broadly, the higher the accumulation rate, the stronger is the consumers' opposition — the frustration barrier. There is a lower limit (or perhaps a maneuverable range) for the amount by which real wages can fall without provoking pressures to restore the previous level. A conflict arises between the desire of the c.p. to step up capital accumulation and the refusal of the workers to accept the level of real wages compatible with the postulated investment. Reduction of real wages below a certain level encounters the frustration barrier (defined as the lower limit below which real wages cannot be reduced without provoking political and social disturbances and intolerably affecting labor productivity, morale, and social consciousness). Such a barrier generally arises at the level of real wages to which the workers have become accustomed or at the 'normal' increase which they have come to expect, so that the c.p.'s attempt to increase the rate of capital formation is frustrated.

The average annual growth rate of national income is the crucial parameter of the long- and medium-term plan[2]. In constructing the plan the first step is to start with a growth rate that is high in the light of past experience. Already at the first testing stage it might have to be scaled down. Then a capital coefficient (ICOR) is chosen (to relate the increment of national income and productive investment) on the basis

of past experience and amended to fit changing conditions. This would still be only a very rough approximation, for the ICOR is largely influenced by the structure of the increment of output, which might not be the same as in the past.

Having chosen the ICOR, the first approximation of the annual productive investment in the beginning, middle, and end of the plan is obtained, together with the coefficient of increase in inventories. The total of consumption and nonproductive investment at the various periods of the plan is obtained by deducting productive investment and increase in inventories from national income. Consumption is separated from nonproductive investment by comparing the resulting level of consumption with the capacity of fixed assets rendering consumer services. The decision thus obtained will still be largely arbitrary. By this time the plan might already prove to be untenable because the relative share of productive investment plus increase in inventories in national income infringes intolerably on consumption in the short run. Yet the variant may be entertained somewhat longer since it is as yet based on the hypothetical ICOR.

Before drawing a general outline of the industrial structure, one must make some reasonable assumption of the future structure of consumption. This can be based on the structure of consumption of more advanced countries, adapted to local conditions, or on domestic income elasticities of demand derived from family budgets. Then the industrial structure may be roughly determined. It is required both for testing the balance of trade and for reaching a second approximation of the ICOR.

The foregoing roughly determines the distribution of national income into productive investment, nonproductive investment, increase of inventories, and consumption. It also determines largely the branch structure of national income and of productive investment. The branch structure further depends on the choice of technology and the direction of foreign trade (e.g., import vs. domestic production of a given good). In essence, the branch structure of national income is determined by 1) its rate of growth, 2) the structure of consumption and its relationship to nonproductive investment, and 3) efficiency analysis of alternative production techniques and foreign trade variants.

Sectors and branches of industry can be roughly divided into two groups: 1) supply-determined and 2) demand-determined. The first includes industries whose output, owing to certain technical and organizational reasons, cannot grow in the long run beyond a certain ceiling, despite considerable increase in capital outlays. The second includes industries where such ceilings do not occur, at least within the range considered. Therefore, their output can grow in the long run in accordance with demand.

There is a wide range of technological and organizational factors that condition the growth rates of supply-determined industries. The simple

illustration is limited natural resources. The lapse of time needed to promote and to adapt new techniques is another. A third factor may be difficulties in attracting labor to certain industries or in training a sufficient number of skilled personnel. In particular, shortages of sufficiently skilled and experienced construction staff are the underlying factor of the extended construction (gestation) periods hampering expansion of particular industries. A perennial problem is the overextended periods of gestation and fruition of investment. Given the growth rate in a particular sector the volume of gestating investment is proportional to the length of the construction periods. If a period is protracted and the rate of expansion of construction activity high, the number of different projects under construction is so large that the available qualified personnel is incapable of coping with them efficiently. Consequently the period of gestation is further lengthened and the excessive number of construction projects results in freezing of capital rather than in faster expansion of the construction activity as intended.

Apart from stressing the 'internal' ceilings to growth, of particular interest is the analysis of difficulties in foreign trade which may eventually make it impossible to exceed a certain level of the growth rate, and the relationship of growth dynamics to the problems and benefits of foreign trade.

In an economy that neither grants nor receives foreign credits (moderate credits may be assumed, but not so large as to allow for the foreign trade gap to be always covered by credit) increase in imports has to be reciprocated by increase in exports. As soon as domestic demand for the goods of various branches has been estimated, in supply-determined industries an estimate of what is left for export or what has to be imported can be made. Imports will also include products that cannot be domestically produced. However, the import estimate will have to take into account domestic production of some substitutes. Thus the total import requirements can be estimated. By deducting from the latter the value of exportables provided by supply-determined industries, one obtains the necessary exportables to be covered by demand-determined industries. The output of demand-determined industries is thus established so as to cover domestic demand for the given goods and their contribution to exports.

During the course of economic development, import requirements, especially for raw materials and semifabricates, are accelerated, and export earnings must rise to pay for the growing imports. The higher the rate of growth, the more rapidly must exports be accelerated, and the greater will be (in all likelihood) the problems of securing foreign markets for effective exchange. Higher rates of growth require greater exports or a limitation on imports. A large physical volume will probably be sold only at reduced prices. Export drives are likely to be accompanied by price markdowns for particular products in some markets, and will force

export activity to other markets offering less advantageous terms, and, in the process, will make exports less effective as foreign exchange earners (while still preempting goods from domestic advancement or consumption). Thus, owing to powerful pressures of supply, the prices received on foreign markets may decline to such an extent that it would become impractical to obtain the amounts of foreign currency necessary to cover import requirements. Even if the foreign currency earned would be sufficient, it will necessitate relatively high investment outlays in relation to the effect in terms of foreign currency. Therefore, a given level of investment will then yield a smaller increment of national income, and a given investment rate will yield a lower rate of growth. The dangers of unrealistic and ineffective selection of foreign trade plan variants cannot be underrated.

Obviously, if the export plan is not realistic, the growth rate will have to be scaled down. The balance of trade is more likely to be equilibrated if the rate of growth of national income is pared down while the rate of growth of supply-determined industries is preserved. Thus demand for imports should fall considerably, together with a likely increase in the surplus of supply-determined industries released for export. But even if the foreign trade plan proves to be realistic, foreign trade efficiency calculus is required to ascertain the influence of expansion of exports or import substitutions on investment outlays. The outlays necessary for securing a unit of imports or of domestic production of their substitutes would tend to rise because *a*) they have to be imported at the sacrifice of a larger physical volume of exports, *b*) a changed product mix of exports requires more inputs, or *c*) the inputs required to produce import substitutes would be larger than those for producing the goods formerly exported to secure the foreign exchange to pay for the imports. Such large investment outlays may be required to obtain the required exports, that the escalated rate of investment might cause rejection of a plan that would make excessive inroads into consumption in the short run.

In fact, there may be an absolute limit to the growth rate when it appears that foreign trade cannot possibly be balanced. Autarky avoids foreign trade difficulties, but does not eliminate other growth barriers. In the absence of foreign trade there would be no possibility of widening bottlenecks by imports in ecxhange for exports of demand-determined industries. Import substitutes could widen bottlenecks, but often at higher costs than increase of exports.

The state of labor supply and the prevailing types of technical progress are of major importance in plan construction. For the capacity of the system to generate long-term growth and the limits to potential expansion are ultimately governed by the dynamic forces of technical progress, including organizational changes, and the rate of increase of the labor supplied. Technical progress is usually, although not exclusively, injected into the economic process via investment which, in turn, creates the

potential capacity to produce. Taking advantage of the capacity depends on the availability of labor. In case of labor shortage, the potential cannot be translated into actual. Under such conditions it would be undesirable to raise the share of investment as it would result merely, *ceteris paribus*, in an underutilization of productive capacity caused by a shortage of labor to man the equipment. If, at the postulated growth rate, labor barriers are likely to occur, it may be necessary to increase the share of investment to favor mechanization as a substitution for labor.

If the labor supply is 'unlimited' then capacity is necessary to produce more and to employ the employable labor. In this case the potential growth rate of output — i.e., the growth rate of capacity — can always be equal to the actual one, and the ICOR plays no role in equilibrating the two rates. When the supply of labor is limited, the growth rate allowed for by supply of labor consists of three elements: *a*) the rate of growth of labor; *b*) the rate of growth of labor productivity at a given ICOR; and *c*) relative increase in labor productivity due to the substitution effect.

Thus the state of the labor reservoir limits only the growth rate of the national product under the assumption of a constant ICOR. Within a certain range, labor and capital are substitutable. Indeed, application of more mechanized production processes saves labor by substituting capital. But even though it overcomes a labor shortage, such a substitution necessarily entails additional investment per unit of national product. Or, to put the matter differently, change is achieved at the cost of raising the ICOR. A labor shortage does not inhibit acceleration of the growth rate, but makes an increase of the share of investment indispensable if the adopted higher growth rate target is to be achieved. Briefly, under conditions of full employment the growth rate may be accelerated by one of the following: 1) raising ICOR (if technical progress is of a neutral type); 2) shortening the life span of equipment which leads to increase in the parameter of amortization; 3) improving the system's efficiency independent of investment activity; 4) raising ICOR if technical progress is of the type encouraging capital intensity; and 5) raising the rate of increase of productivity at a given ICOR.

Before investment can be estimated, a balance of and demand for labor is drafted. The supply of labor is estimated on the basis of demographic data. The demand for labor is estimated on the basis of the industrial structure of production with allowance for increased productivity owing to technical progress. The task of efficiency calculus is to achieve a given increment of national income with the smallest possible investment resources, consistent with ensuring equilibrium in the labor market and the balance of payments. A saving of manpower can be achieved by a variety of means and, *ceteris paribus*, the variant with the lowest investment outlays is the one to select. No purpose is served by saving labor through costly automation if the equivalent can be achieved at smaller outlays through primitive mechanization of 'yardwork'. The most so-

phisticated equipment is not always preferable. The best choice can be determined only by a calculation of investment efficiency and depends on economic circumstances. It is not necessarily true that what is profitable for a large firm in a highly industrialized country will also be profitable in a less developed country. Effective production does not only depend on a saving of labor, but also on saving of investment resources. In this context an important role is played by modernization, which often assures both savings of labor and increased production capacity, with relatively low investment outlays. But, with the assumed growth rate, an emerging labor shortage might require escalation of investment outlays to provide more mechanization.

At this point total productive investment can be estimated. The result can diverge materially from that arrived at by using the hypothetical capital coefficient. Despite the fact that the balance of foreign trade might be ensured at the assumed growth rate, the relative share of productive investment in national income so calculated might prove untenable. Then the rate of growth would have to be pared down further and the new variant reexamined as outlined above. In final analysis the highest rate of growth cannot be identified as a touchstone of economic advancement. After this brief exposition of how a realistic plan should be constructed, let us summarize the actual growth strategy and planning procedures in STEs.

II

Among the distinguishing features of the traditional growth strategy in STEs were: stress on rapid industrialization, priority of investment and other resources for heavy industry and discriminatory allocation within it, relative neglect of light industry and agriculture, faster growth of investment than of national income (and *ipso facto* of consumption), autarkic tendencies, and the nationalization of industry and forced collectivization of agriculture. Progress was identified not only with maximization of the short-term growth rate of industrial output, but also with the rate of growth of specific key industries (leading links). Such growth strategy gave rise to striking imbalances and incongruities in the growth process and to deleterious and ubiquitous disproportions between development of agriculture and industry, among branches of industry (broadly heavy versus light), between new processing capacity and the supply of raw materials, between the sheer quantitative growth of output and its quality, production techniques and costs, between investments in new factories and the obsolescence of the underprivileged branches, and between productive and nonproductive activities, with the appaling neglect of the service sector. Consumption was considered largely as a residue already at the planning stage and suffered further during implementation when it was treated as the shock absorber for planning blunders, unforeseen developments in unplannable activities (e.g., foreign trade and agriculture), and interim shifts in priorities[3].

The growth rate of output cannot be treated as a maximand because it fails to reflect both costs and output composition[4]. Obviously it matters to what uses the extracted surplus is put and whether the increment of output is composed primarily of growth- or welfare-promoting assortments and at what costs it was achieved. The traditional growth strategy relied primarily on quantitative or 'extensive' growth, propelled largely by huge investment and employment — as contrasted with predominantly 'intensive' development characterized by improved quality and composition, by cost reduction, and by increased productivity, spurred, *inter alia*, by diffusion of technical and organizational progress and incentives to produce. The fundamental problem of the socialist economy is not really one of quantity, but rather one of quality. Increase of output (even if not fictional) is not always beneficial because output of useless or obsolete goods is waste. An interrelated process of expansion of quantity and improvement of quality occurs in a dynamic system.

Traditionally investment was used as the principal growth propellant and accorded priority on all fronts. The institutionalized growth mania, permeating the whole system, compelled the economy to expand at a rate that heavily overtaxed its capacity; and it was not counteracted by any endogenous mechanism to reduce the size and alter the composition of investment to the economy's actual possibilities. The most sensitive spot of the plan was the stupendous investment program. The taut investment plan induced unrealistic assumptions in other activities. As a result bottlenecks emerged, promoted by forced and abrupt overexpansion of certain activities, which were bound to prolong the gestation periods of investments and fruition of output, to raise the cost of an incremental unit of output, and to lower the investment efficiency index. To sustain economic growth, with a declining increase in productivity, a proportionately larger share of national income had to be channelled to investment. The other three alternatives available to the c.p. were *a*) to take the necessary steps to increase productivity, *b*) to reconcile himself to a lower growth rate, or *c*) to secure external financing. The c.p. tends to fix the highest possible growth rate, to underrate barriers and ceilings, and to overrate his ability to overcome them. This is how an optimistic plan arises, leading to misallocation of resources and in more extreme cases to breakdowns and resultant costly shifts[5]. In general the periodic fluctuations in activity lead to underutilization of resources and depress the long-term performance. The postulation of overambitious growth rates results in a *de facto* lower long-term rate than that which could have been achieved had a more modest goal been planned at the outset.

Internal consistency and feasibility of the plan are a *conditio sine qua non* for practical implementation. The plan should be so constructed that both shortages and useless surpluses be avoided. The traditional meth-

od that starts out by assuming target rates of expansion of various activities is incompatible with complex plan coordination. Such a method leads to shortages in some and surplusses in other activities. The planner attempts to eliminate shortages often by achieving only a spurious accounting balance, by manipulating input-output coefficients, by relying on output of capacities that are not likely to be commissioned during that period, by imprudent projections of foreign trade and agricultural targets, by expecting plan over-fulfillment without providing the necessary inputs, and by anticipating gains in efficiency from postulated reforms without creating conditions for their implementation. This is often accompanied by an equally dangerous tendency to maintain the high indices of 'surplus' branches, especially those identified with progress. Such an approach tends to swell the inputs appropriated for such products and/or to classify the surplus as a reserve. Such reserves are wasteful both at the planning and execution stages. Such an ambitious and unrealistic plan contains the seeds of frequent revisions. If such a plan misfires, it entails losses and costs of change. Hence the result is worse than that which could have been achieved had a more cautious plan been adopted. This raises the questions of plan stability and impact on executants. While the plan is supposed to be regarded as law by the executant, the same does not apply to the c.p. The plan is often adopted after the beginning of the period; the annual FYP excerpts do not correspond to the actual annual plan, and even the annual and quarterly plans are manipulated and often retailored to fit reports. This procedure debunks the proclaimed and desired plan stability.

III In STEs inflationary forces are generated by the industrialization rush and affected by working arrangements. Accelerated industrialization drives are usually associated with growing disparity between a rapidly expanding wage fund and a sluggish supply of consumer goods. While investment leads to enhanced purchasing power, it also means cuts in the production of consumer goods. The latter can be procured by imports, but increased investment strains the balance of payments by generating greater requirements for imports of producer goods. In the end, not only industrial consumer goods cannot be imported, but imports of raw materials for consumer goods production are also constrained, while some consumer goods are being exported to pay for the imports.

Usually an increase in the rate of investment is accompanied by a growth of employment in the investment (investment-supporting activity) sector. Even without a change in wage rates this would produce a rise in the total wage fund in this sector. The average wage rate in this sector is usually above that in the economy as a whole, so that even without a rise of overall wage rates, the reallocation of labor from lower to higher than average wage sectors boosts the wage fund. Intensified industrialization is usually supported by material inducements to speed up the

process of transformation and by using the allocative function of wages (premiums) to lure labor to priority activities. An overheated economy, with interruptions of inter-enterprise flows, poor quality of material inputs, and unrealiable industrial services, is conducive to waste of labor and overtime. To attract and keep skilled labor various semi-legal monetary inducements are offered.

The tendency to increase employment is not sufficiently counteracted by command and monetary restrictions on the enterprise liquidity. During the course of plan implementation the workers benefit from 'excessive' purchasing power, as compared to the diminished production of consumer goods. Pressures to exceed the wage fund are created both in the producer and consumer goods sectors and are intensified by the investment drive. The latter increasingly absorbs resources originally destined for current consumption, resulting in underfulfillment of the plan for consumer goods, and in a deficiency of materials and equipment (domestic or imported) for the consumer goods branches. The real test comes not only at the blueprint stage, but when the leaders are confronted with the dilemma of sacrificing part of the resources designated for growth-promoting activities (threats of inroads into the capital formation plans).

In an attempt to mitigate the inflationary pressures that arise as a result of overheating in the economy, the c.p. endeavors to contain the rise in wages and employment. However, in this he is severely constrained by his own mechanism of plan construction and implementation that not only does not oppose households' pressures to raise their living standards by means of increasing the number of gainfully employed, but also provides its own pressures for expanding employment, giving rise to the phenomenon of disguised unemployment in industry[6].

Despite the important role played by controls of income flows, the c.p. has great difficulties in restraining growth of the wage fund — the ex-post wage fund usually exceeds ex-ante. The spending power is also increased by the private income of peasants and of the 'private sector' in general — a good part of which is uncontrollable. The illegal or unreported income appears to be of considerable importance, although its size is difficult to ascertain. Such income is also derived from various system-induced economic crimes of more or less serious nature and from a widespread network of graft payments.

Economic crimes flourish particularly during periods of intense industrialization. 1) Because the basic task is production plan fulfillment, the problems of costs and quality are of secondary importance; hence, control in these areas is usually neglected. Furthermore, owing to the presence of a seller's market, the buyers are not overly demanding, consequently any misuse of materials that lowers output quality is not revealed at the time of sale. 2) Also owing to the seller's market, the disposal of stolen materials at high prices is facilitated. 3) As a result

of the large share of investment in national income real wages are depressed in relation to the economic potential. Whereas the first two factors facilitate economic crimes, the third stimulates them. Society tends to regard these crimes indulgently as a source of supplement to generally low incomes. The situation gives rise to a network of middlemen, dealers in stolen goods, who, together with the growing numbers of others whom practice has inured to theft and who benefit from society's indulgence, tend to perpetuate the crimes. Despite the increasing attention paid to costs and quality and the greater choosiness of trade, economic crimes do not abate in subsequent periods. Instead new forms of crimes arise where the individual *dilettante* is replaced by a group, much more skilled and better equipped[7]. Such groups may involve employees throughout the entire enterprise or perhaps only those in sensitive positions[8]. Because they involve accounting manipulations, the crimes are committed in an atmosphere that considerably reduces the risks of discovery. On the other hand, development of control does not keep pace with the increase of economic crimes. It is safe to assume, in fact, that in some cases, the leaders of these groups are sufficiently influential to oppose successfully the improvement of control[9]. Furthermore, such opposition is supported by those managers who, although unconnected with economic crimes, aim at reporting higher profits (or larger output) by lowering quality[10].

Graft payments (in monetary form and in kind) permeate the entire system. They are widespread in industry, involved in the process of bargaining for lower plan targets and larger inputs, in the supply system for timely deliveries of better quality inputs, and in industrial services, transportation, etc. In the consumer sphere graft is prevalent in retail trade (in securing goods in short supply, better grade goods, etc.), in services (including even medical care), in obtaining housing (where payments are relatively large), and in securing all sorts of luxuries, such as automobiles, country homes, etc.

From the standpoint of the inflationary problem, it should be noted that some of the unreported income is not only a generator of additional spending power, but in some cases it might be salutary by increasing the available flow of goods. However, even if in some cases the speculator performs a useful function, the end result tends to have an adverse distributional effect.

In an economy where prices and wages are uncontrolled, inflation manifests itself in an appreciable and sustained upward drift in the general price level. But the increase in this level is hardly a measure of aggregate economic loss, nor is a stable price level a measure of aggregate economic gain. Price stability could be achieved at the cost of substantial unemployment and of widespread idle productive capacity. Clearly, a healthy, growing high employment economy with a moderate inflation might be preferable to one with underutilized productive potential that worships

'no inflation'. Moreover, an upward movement of the general price level occurs for various reasons other than excess effective demand: external shocks, major shifts in underlying supply-demand relations for important commodities, wage-price spiral, etc. Not every inflation can be identified with demand-pull. Deflation of effective demand might be insufficient to arrest price increases (or to reduce prices). Substantial price increases due, for example, to external shocks (oil cartel, agricultural shortfall) could only be offset by very drastic reduction in demand-determined prices. Such measures might not only be economically and socially disastrous, but politically unfeasible. Institutional and political factors constrain the use of a large dose of deflationary or unemployment-creating medicine — even if such a dose is advocated by some economists as desirable or effective. Suppression of inflation should not be the aim of economic activity and avoidance of inflation is not necessarily an index of economic success.

The problem of matching the income flows with supply of goods and services is complicated by the fact that a part of the output of consumer goods cannot be sold at prevailing prices because it is shoddy and of poor quality. Thus for a number of reasons, excess aggregate effective demand tends to prevail, for the increase in purchasing power tends to outpace the increase of available consumer goods. The problem is aggravated by the prevailing relative price structure and the absence of an effective nonprice output adjustment mechanism. The c.p.'s field of maneuver is limited for nominal wages cannot be reduced — indeed, a certain minimum 'normal' increase is expected at certain given intervals. Also price increases — at least for necessities — are politically inadvisable. Whatever the political advantages of price reduction, practiced in some STEs, it must be viewed in the light of the persisting disequilibria on the consumer market. This, together with the lack of success in controlling the size of the wage fund, tends to aggravate the shortage-prone system. A better way to raise living standards would be to increase wages and to let consumer prices approach equilibria in partial markets.

Inflationary pressures can surface under various guises. The authorities cannot avoid latent price increases which take various forms. Under conditions of excess demand the producer lowers the quality or use value of goods so that *de facto* the consumer gets less per unit of expenditure. Real purchasing power declines, for now a larger expenditure is required to get the same utility. Producers tend to modify slightly the product (without commensurately affecting the quality) and the price authorities raise the relative price. At the same time the production of the cheaper product (which is still in demand) is discontinued. This spurious product differentiation is usually not in response to demand, but dictated by the producers' interests and often restricts choice. Thus it is not sufficient to examine the dynamics of overall consumption, or its composition, for the structure shifts towards more expensive goods. Welfare is reduced

when the available options are narrowed down. The consumer is then forced to buy the goods that are available instead of those that he really wants, or he is forced to postpone purchases. Thus arises the problem of forced substitution and savings. Shopping becomes a nightmare and the consumer pays a high price in annoyance, mistreatment, and waste of time. Purchasing power then cannot be equated with shopping power. This also gives rise to all sorts of graft, under-the-counter sales, and purchases from artisans. Inflation is also introduced through various 'private' markets (e.g., buying and selling of private homes, antiques, jewelery, etc.) and the black markets (especially in services and repairs), where prices are considerably higher than the official price lists and tend to rise in relation to the increasing shortages on the official market. Consumers, increasingly frustrated by their pursuit of officially low-priced but unavailable or low-quality goods, tend to revert to unofficial markets to procure used goods, to barter new goods, to commission custom-made goods, and to employ all sorts of intermediaries and speculators. The prices actually paid are not reflected in statistics. Although the center tends to take into account only the price changes it effects, the population is not only fully aware of latent inflation, but tends to overrate it[11].

Market-type reforms tend to increase the risk of open inflation. One of the problems of using the allocative function of wages (premiums) to spur labor's performance is that in order for it to perform an incentive role the premium has to be sufficiently large, but then it would add to the difficulties of controlling spending power. It is not certain that the extra pay would correspond to increased productivity which would be translated into an increased flow of consumer goods. But this is not an indictment of, but rather an argument for effective macro and incomes policies. The poor record of Western economies in containing inflation is not sufficient evidence that the problem cannot be resolved more effectively in a socialist economy with a built-in market mechanism. Those who oppose market type reforms usually point to the inflationary upsurge of prices, substantial unemployment, and a deteriorating balance of payments in post-1965 Yugoslavia[12]. But the argument emphasizes the peculiarities of the decentralized institutional arrangements and underrates mismanagement of macropolicy and structural factors. Also the critics of the Hungarian 'new economic mechanism' pointed to the danger of inflation. These fears circumscribed the implementation of the blueprint[13].

The overheated economy gives rise to inflationary pressures and is an obstacle to economic reform. A shift into a lower gear is a necessary condition for easing inflationary pressures and for implementing economic reform. At this point one should pause and reflect on how much slack is beneficial and tolerable. There is some truth to the contention that disequilibria, bottlenecks, and shortages emerge in a rapidly developing

backward economy and that they are part and parcel of a development sequence that maximizes pressures and creates palpable incentives (profits) for overcoming bottlenecks and for productivity growth[14]. But a rapidly developing *planned* economy does not have to be subject to such pressures. This is what realistic planning is all about: It could largely eliminate the pressures while keeping the economy on a maximum sustainable development path. Much depends on the institutions, the predisposition of economic decision-makers (trade-off between investment and consumption), and the recent development history (tensions or slack).

It is a valid point that the STEs suffer not from sleepiness but from insomnia. Janos Kornai argues that a certain permanent excess of supply over demand is admissible and even desirable. Such a continuous state of 'underemployment disequilibrium' involves some underutilization of resources and short-term quantitative gaps between actual and potential output, but it has positive effects on technical progress, qualitative performance, and on the adaptive properties to change[15]. Kornai contends that most of the gains in dynamic efficiency and adaptability to users' needs achieved by the capitalist economies can be only partly explained by institutions and the profit motive. He accords equal, if not higher, rank to the state of relative slack predominant in the capitalist world which has enabled it to achieve certain qualitative results so far absent in STEs[16].

The really big question is: To *what extent* does the overheated economy have to be shifted to a lower gear? There definitely is a danger of overshooting the target. The underutilization of resources prevailing in capitalist economies is a source of waste[17]. In fact, the aim of a rational economy should be to minimize such losses, and a combination of planning and market is advocated as a tool for that end. The danger of advocating *too much* slack cannot be overstressed. Some East European economists have even suggested that the only way to raise the system's efficiency is to introduce a significant unemployment in order to make workers work. The idea of a 'reserve army of workers' in a socialist economy is repugnant — whatever its merits in potential gains in efficiency. The basic issue is efficiency for what and for whom. It seems that realistic planning (with due weight to the inflationary, technical, and organizational barriers) could afford just that minimum amount of slack necessary to implement a meaningful and consistent reform.

G. R. F.

BIBLIOGRAPHY AND NOTES

1 M. KALECKI, *Introduction to the Theory of Growth in a Socialist Economy*, Blackwell, Oxford, 1969, pp. 28-34; cf. G. R. FEIWEL, *The Intellellectual Capital of Michal Kalecki*, University of Tennessee Press, Knoxville, Tenn., 1975, pp. 323-34.

2 The specifications of the terms of choice for the c.p.; what he should and should not do; and the limiting factors he must take into account have been explored in the pioneering work of Kalecki which has been the inspiration for this section. See in particular, KALECKI, *Introduction*, and *Z zagadnien gospodarczospolecznych Polski Ludowej*, PWN, Warsaw, 1964; cf. FEIWEL, *The Intellectual Capital*, Part III.

3 For a historical retrospective on and a more complete account of the Soviet-type growth strategy see, *inter alia*, A. ERLICH, *The Soviet Industrialization Debate*, 1924-1928, Harvard Univ. Press, Cambridge, Mass, 1960; N. SPULBER (ed.), *Foundations of Soviet Strategy for Economy Growth*, Bloomington, Ind., 1964; and FEIWEL, *The Soviet Quest for Economic Efficiency*, Praeger, New York, 1972, pp. 3-76.

4 Cf. J. KORNAI, *Rush Versus Harmonic Growth*, North-Holland, Amsterdam, 1972; National Bureau of Economic Research, *Economic Growth*, New York, 1972; J. TINBERGEN et al., *Optimum Social Welfare and Productivity*, New York Univ. Press, New York, 1972.

5 Cf. FEIWEL, *Problems in Polish Economic Planning*, Vol. II of *Industrialization and Planning under Polish Socialism*, Praeger, New York, 1971, pp. 293 ff.

6 For a discussion of this interesting phenomenon see FEIWEL, Causes and Consequences of Disguised Industrial Unemployment in a Socialist Economy, *Soviet Studies*, XXVI, 3 (1974), pp. 344-62.

7 For example, in Bulgaria, Mototekhnika (responsible for sales of automobiles to the public was the locus of a scandal involving its upper management. Apparently, these officials were responsible for having friends and relatives purchase several cars within a short period of time (presumably for resale) bypassing the usual four-year waiting period. Also damaged cars were sold below market value, minor damages quickly repaired and resold to third parties at exorbitant prices, profiting mainly the officials in question. Still another case was that of sale of disassembled cars for parts, which were then promptly reassembled and returned into circulation. *Partien Zhivot*, 16 (1972).

8 For example, a case of curruption and theft was reported in Lovech, Bulgaria, involving the director and chief accountant of the enterprise. *Rabotnichesko Delo*, April 2, 1972. Since December 1972 a ring of heating oil thieves in the Sofia City Fuel Trade Enterprise was uncovered, involving 1,000 people and 450,000 leva. K. MISHEV, *Anteni*, February 21, 1975, p. 5. Bulgarian foreign trade was also the locus of many scandals. The most recent involved 47,000 leva in bribes from a Western firm to employees of Rodopaimpex who were responsible for a 775,000 leva loss to the State. *Rabotnichesko Delo*, March 15, 1975.

9 In late 1971 and early 1972 the curious case of one Vassil Stefanov was exposed. He had a meteoric rise since 1963 to top posts in Sofia's administration. He used his powerful position to distribute favors, collect bribes, and in general to accumulate huge personal wealth and to organize an entire ring of accomplices. Curiously, although his corruption was known for many years, he was allowed to continue in these high posts. About eight other high ranking party officials were mentioned as part of his gang. *Partien Zhivot*, 11 (1971), *Rabotnichesko Delo*, August 31, 1971; *Trud*, February 15, 1972.

10 KALECKI, *Z zagadnien*, pp. 83-90.

11 Cf. *Rabotnichesko Delo*, November 20, 1973; B. CSIKOS-NAGY, *Socialist Economic Policy*, Akademiai, Budapest, 1973, pp. 170-75; KORNAI, *Rush Versus*, pp. 67 ff.

12 The record shows an annual rate of inflation between 2 and 3 per cent in STEs which is, however, considerably understated. According to unofficial sources, the stimated cost increase rate in industry and construction in these countries has been somewhere between 4.5 and 9 per cent per annum since the mid 1960s. K. ENGEL, *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, February 21, 1975. There is also an indication that the producer's pattern of adjustment was in the direction of raising prices, rather than adjusting the flow of output. In Yugoslavia there was a serious deterioration in a number of economic activity indicators, including a four-fold increase in industrial prices from 1965 to 1972 and a cost of living hike by about 150 per cent. The average annual growth rate of employment fell from 5.7 per cent in 1955-64 to 1.8% in 1964-72. Unemployment rose substantially. In 1972 unemployment amounted to 8 per cent. Yugoslavia—together with Greece and Ireland— recorded the highest rates in Europe. In addition, one million workers sought work abroad. B. HORVAT, *Ekonomist*, 1-2 (1974).

13 In the early 1970s producers were shielded from the increase of world market prices of raw materials. The difference between the administrative domestic price and the actual cost was absorbed by the budget. But with the substantial price increases in 1975 in intra-CMEA trade, the inflationary impact in CMEA countries should be very strong.

14 A. HIRSHMAN, *The Strategy of Economic Development*, Yale Univ. Press, New Haven, 1958.

15 Cf. J. A. SCHUMPETER, *Capitalism, Socialism and Democracy*, Harper and Row, New York, 1947, p. 85.

16 KORNAI, *Anti-Equilibrium*, North-Holland, Amsterdam, 1971, *passim*.

17 KALECKI, *Theory of Economic Dynamics*, Allen and Unvin, London, 1965.

Pressioni del pianificatore e tensioni inflazionistiche nelle economie pianificate centralmente

GEORGE R. FEIWEL
The University of Tennessee, Knoxville

Il fenomeno dell'inflazione non riguarda solo le economie sviluppate o in via di sviluppo. Nonostante il ricorso a controlli relativamente stretti dei prezzi e dei salari, l'isolamento pressoché completo dei prezzi interni dai prezzi dei mercati mondiali e l'impiego di controlli sistematici nel commercio e sui cambi esteri, le economie di tipo sovietico (ETS) sono afflitte da forti tensioni inflazionistiche. Queste tensioni sono causate da molti fattori e si manifestano in molti modi. Tra i fattori più importanti vi sono la corsa all'industrializzazione, l'ottimismo nella pianificazione e le carenze delle strutture istituzionali. Il risultato di tutto ciò è un disequilibrio tra il potere d'acquisto e la disponibilità di beni di consumo: nel corso dell'attuazione del piano il potere d'acquisto risulta di solito sensibilmente superiore e la disponibilità dei beni di consumo notevolmente inferiore rispetto ai valori originariamente pianificati. Per capire questo fenomeno è necessario avere un punto di vista sulla formazione del piano e sulla strategia dello sviluppo.

Un'economia socialista ha potenzialmente un vantaggio economico fondamentale: il pianificatore centrale (p.c.) è in grado di risolvere simultaneamente i problemi dell'accumulazione del capitale, della domanda effettiva e della distribuzione del reddito stabilendo un appropriato rapporto prezzi-salari, ed estraendo con ciò dalla popolazione il 'plusprodotto'. La decisione essenziale sul tasso di accumulazione (e quindi sulla distribuzione intertemporale del consumo) è in gran parte una decisione politica. Il problema presenta due aspetti fondamentali: 1) Il p.c. di un regime autoritario ha una possibilità sostanzialmente maggiore di quella di un'odierna economia di mercato di forzare i tempi dell'accumulazione del capitale (ovvero di violare le preferenze intertemporali dei consumatori). Il potere del p.c. di estrarre e raccogliere il 'plusprodotto' è notevole ma è sempre più circoscritto; così, i recenti avvenimenti dimostrano che vi sono delle soglie critiche oltre le quali cessa la tolleranza della popolazione. 2) Il p.c. gode di un ampio margine di libertà nel fissare le priorità per la allocazione delle risorse e nell'investimento delle risorse destinate a tale scopo ma, in un sistema dinamico, le possibilità di riallocazione e i limiti a cui il p.c. è soggetto sono molto più ristretti di quanto si pensi di solito. Naturalmente il successo di un'economia pianificata centralmente dipende non solo dalla capacità e dall'efficacia con cui si estrae l'accumulazione, ma anche dall'efficienza e dagli impieghi delle risorse disponibili. Qui, il meno che si può dire è che i risultati non colpiscono per la loro positività.

I

Uno dei problemi fondamentali della strategia dello sviluppo è la scelta dell'orizzonte temporale rispetto al quale si massimizza il consumo. La scelta intertemporale si configura di solito come una soluzione del conflitto tra consumo presente e futuro.

Ma il problema è complicato dal fatto che il futuro può essere interpretato come un intervallo temporale di diversa lunghezza. Poiché, aumentando il saggio di sviluppo, il livello del consumo può essere meno favorevole in un certo periodo e più favorevole nel periodo successivo, i vantaggi relativi di questa scelta strategica del p.c. diventano maggiori quanto più lungo diventa l'arco di tempo da lui preso in considerazione. La massimizzazione del consumo durante l'arco di vita di una generazione o anche durante una sua buona parte ci sembra un'indicazione inaccettabile sia che tale politica porti ad intaccare significativamente il consumo in un arco di tempo più lungo di quella generazione, sia che essa dia luogo a dei sentieri temporali del consumo tali che i suoi frutti possano essere goduti solo in un futuro relativamente lontano. L'importanza dell'orizzonte temporale nella massimizzazione del consumo è fondamentale, come risulta dal fatto che, in un caso estremo, essa può permettere al p.c. di dimostrare che un tasso eccessivamente elevato d'investimento darebbe luogo a un tasso di crescita così alto, che il livello di consumo nell'intero periodo risulterebbe minore che nel caso in cui si fosse scelto un più basso tasso d'investimento. Ma anche nel caso in cui il p.c. non fosse sensibile alle privazioni della popolazione negli anni iniziali del piano, egli sarebbe costretto a prendere atto del fatto che, con il dato livello di vita, la popolazione potrebbe morire di fame prima di realizzare il piano[1].

Il p.c. dovrebbe confrontare i benefici risultanti dall'aumento del saggio di crescita con il minor consumo dovuto all'aumento del saggio di accumulazione, e alle eventuali resistenze dei consumatori che ne possono conseguire. In generale quanto maggiore è il tasso di accumulazione, tanto maggiore è la resistenza dei consumatori — la barriera della frustrazione. Il salario reale non può scendere sotto un certo livello (o, forse, in una certa fascia di livelli) senza causare pressioni per il ristabilimento del livello precedente. Vi è un conflitto tra il desiderio del p.c. di aumentare l'accumulazione del capitale e il rifiuto dei lavoratori di accettare il livello dei salari reali compatibile con l'investimento stabilito. La diminuzione dei salari reali al di sotto di un certo livello si scontra con la barriera della frustrazione (definita come il limite inferiore, al di sotto del quale il salario reale non può scendere senza provocare disordini politici e sociali o influenzare in maniera intollerabile la produttività del lavoro, il morale e la coscienza sociale). Una tale barriera sorge di solito in corrispondenza del livello dei salari reali al quale i lavoratori si sono abituati o dell'incremento 'normale' che essi si aspettano; per cui il tentativo del p.c. di aumentare il saggio di accumulazione del capitale viene frustrato.

Il saggio medio annuo di crescita del reddito nazionale è il parametro fondamentale dei piani di lungo e medio termine[2]. Il primo passo nella costruzione del piano è la determinazione di un saggio di sviluppo che risulti alto rispetto all'esperienza del passato. Già al primo stadio di verifica può darsi che questo saggio debba essere diminuito. Si sceglie poi un coefficiente di capitale (RICP, che lega l'incremento del reddito nazionale all'investimento produttivo) in base all'esperienza del passato, ma corretto per tener conto dei cambiamenti in corso (RICP = rapporto incrementale capitale-prodotto, corrispondente all'inglese ICOR = *incremental capital-output ratio*. L'investimento è uguale, per definizione, all'incremento del capitale. *N.d.T.*). Questa sarebbe un'approssimazione ancora molto grossolana, poiché il RICP è influenzato in gran misura dalla struttura dell'incremento del prodotto, che può non essere la stessa che per il passato.

Dopo aver scelto il RICP, si ottiene una prima stima dell'investimento produttivo annuo all'inizio, nel mezzo e alla fine del piano, insieme a una stima del coefficiente di aumento delle scorte. La somma del consumo e dell'investimento non produttivo nei vari periodi del piano si ottiene deducendo dal reddito nazionale l'investimento produttivo e l'incremento delle scorte. Per separare il consumo dall'investimento non produttivo

si confronta il livello del consumo globale risultante dal piano con la capacità produttiva degli impianti fissi che forniscono servizi ai consumatori. La decisione così ottenuta sarà ancora in buona parte arbitraria. A questo punto il piano potrebbe già dimostrarsi indifendibile, poiché la quota relativa dell'investimento produttivo e dell'incremento delle scorte rispetto al reddito nazionale può premere in modo insopportabile sul consumo nel breve periodo. Tuttavia la variante in questione può essere mantenuta alquanto più a lungo, essendo ancora basata su un ipotetico RICP.

Prima di comporre un quadro generale della struttura industriale, si deve fare una qualche ragionevole ipotesi sulla struttura futura del consumo. Quest'ipotesi può basarsi sulla struttura del consumo dei paesi più avanzati, adattandola alle condizioni locali, o sulla elasticità delle domande dei vari beni rispetto al reddito, ricavate dall'analisi dei bilanci familiari del paese in questione. A questo punto si può procedere a una grossolana determinazione della struttura industriale. Di questo dato si ha bisogno sia per verificare l'equilibrio nel commercio con l'estero sia per stimare, in seconda approssimazione, il RICP.

Con quanto si è detto finora si determina la distribuzione del reddito nazionale tra investimento produttivo, investimento non produttivo, incremento delle scorte e consumo. Con esso si determina anche in gran misura la struttura per rami produttivi del reddito nazionale e dell'investimento produttivo. Tale struttura dipende inoltre dalla scelta della tecnologia e dalle scelte in tema di commercio estero (ad esempio, importazioni in contrapposizione a produzione interna di un certo bene). La struttura per rami produttivi del reddito nazionale dipende essenzialmente da 1) il saggio di crescita del reddito nazionale, 2) la struttura del consumo e la sua relazione con l'investimento non produttivo e 3) l'analisi dell'efficienza di tecniche di produzione alternative e di varianti nel commercio estero. I settori e i rami dell'industria possono essere grossolanamente divisi in due gruppi: 1) quelli regolati dall'offerta e 2) quelli regolati dalla domanda. Il primo gruppo comprende quelle industrie il cui prodotto, per certe ragioni tecniche e organizzative, non può, nel lungo periodo, aumentare oltre un certo soffitto, nonostante si aumentino notevolmente le spese per investimenti in capitale. Il secondo gruppo comprende industrie dove non si hanno tali soffitti, per lo meno entro la gamma di livelli di produzione presi in considerazione. Quindi, la produzione di queste industrie può crescere nel lungo periodo allo stesso ritmo della domanda.

La gamma dei fattori tecnologici e organizzativi che condizionano lo sviluppo delle industrie regolate dall'offerta è assai vasta. L'illustrazione più semplice è data dalla limitatezza delle risorse naturali. Un'altra illustrazione è l'intervallo di tempo richiesto per promuovere l'introduzione e l'adattamento di nuove tecniche. Un terzo fattore può essere costituito dalle difficoltà di attirare il lavoro in certe industrie o di addestrare un numero sufficiente di lavoratori qualificati. In particolare, nell'industria delle costruzioni, la mancanza di personale sufficientemente qualificato ed esperto è uno dei fattori che spiegano la lunghezza del periodo di costruzione (gestazione) e ostacolano così l'espansione di particolari industrie. L'eccessiva lunghezza dei periodi di gestazione e di fruizione dell'investimento è un eterno problema. Dato il saggio di sviluppo di un particolare settore, il volume dell'investimento in gestazione è proporzionale alla lunghezza dei periodi di costruzione. Se questi periodi sono lunghi e il saggio di espansione dell'attività di costruzione è alto, il numero dei diversi progetti in fase di costruzione può risultare così grande da rendere impossibile al personale qualificato disponibile di seguire tutti i progetti. Di conseguenza il periodo di gestazione si allunga ulteriormente e il numero eccessivo di progetti in fase di costruzione porta a un congelamento di capitali piuttosto che a una più rapida espansione

dell'attività di costruzione, come si voleva all'inizio.

Al di là di tutto ciò che pone l'accento sui soffitti 'interni' dello sviluppo, particolarmente interessanti sono le analisi delle difficoltà nel commercio estero (difficoltà che possono anche essere tali da rendere impossibile il superamento di un certo livello del saggio di crescita) e della relazione tra dinamica della crescita e problemi e benefici del commercio estero.

In un'economia che non fa e non riceve prestiti (si può assumere l'esistenza di prestiti esteri per un importo limitato, ma non sufficientemente grande da permettere una copertura permanente del deficit del commercio estero) ogni aumento di importazioni deve trovare riscontro in un aumento di esportazioni. Non appena si sia stimata la domanda interna di beni nei vari rami produttivi, si può stimare ciò che resta per le esportazioni o ciò che deve essere importato nelle industrie regolate dall'offerta. Le importazioni comprendono anche quei beni che non possono essere prodotti all'interno. La stima delle importazioni dovrà comunque tener conto della produzione interna di beni che si possono sostituire a quelli importati. A questo punto si può stimare il totale delle importazioni richieste. Deducendo da questo totale il valore dei beni esportabili forniti dalle industrie regolate dall'offerta, si ottengono i beni da esportare che devono essere forniti dalle industrie regolate dalla domanda. La produzione di queste ultime viene così stabilita in modo da coprire la domanda interna e il contributo alle esportazioni dei beni in questione.

Nel corso dello sviluppo economico i bisogni di importazioni, specialmente di materie prime e di semilavorati, subiscono un'accelerazione, e i guadagni derivanti dalle esportazioni devono aumentare per pagare le crescenti importazioni, Quanto più alto è il saggio di crescita, tanto maggiore deve essere l'accelerazione delle esportazioni e, con tutta probabilità, tanto più gravi saranno i problemi per assicurarsi valuta pregiata sui mercati esteri. Saggi maggiori di sviluppo richiedono maggiori esportazioni o limitazioni delle importazioni. Quantità maggiori di beni in termini fisici verranno vendute solo a prezzi ridotti. Di solito, le politiche espansionistiche delle esportazioni devono essere accompagnate da riduzioni nei prezzi di particolari prodotti in alcuni mercati; o devono prevedere un'attività di esportazione in mercati che offrono condizioni meno vantaggiose. Nel corso di questi processi le esportazioni diventano così meno efficaci in quanto strumento per guadagnare valuta estera (mentre continuano a sottrarre beni al processo di crescita o al consumo interni). Quindi, a causa delle forti pressioni dell'offerta, i prezzi riscossi nei mercati esteri possono diminuire fino a far diventare controproducente ottenere, tramite esportazioni, le quantità di valuta estera necessarie per coprire i bisogni di importazioni. Anche se la valuta estera guadagnata fosse sufficiente, essa richiederebbe spese d'investimento relativamente alte rispetto ai loro effetti in termini di essa. Quindi, in tali circostanze, un dato livello d'investimento determinerà un incremento inferiore del reddito nazionale, e un dato saggio d'investimento determinerà un saggio di crescita inferiore. I pericoli di una scelta di varianti irrealistiche e inefficienti del piano del commercio estero non possono essere sottovalutati.

Naturalmente, se il piano per le esportazioni non è realistico il saggio di crescita dovrà essere diminuito. L'equilibrio nel commercio estero si può realizzare più facilmente diminuendo il saggio di crescita del reddito nazionale, ma lasciando invariato il saggio di crescita delle industrie regolate dall'offerta. In tal modo la domanda d'importazioni dovrebbe diminuire notevolmente, mentre l'eccedenza delle esportazioni nelle industrie regolate dall'offerta dovrebbe probabilmente aumentare. Ma anche nel caso in cui il piano del commercio estero risulti realistico, è necessario calcolarne l'efficienza per stabilire la misura in cui l'espansione delle esportazioni o la sostituzione di importazioni influiscono sulle spese per l'investimento. Le spese necessarie per

assicurarsi una unità di importazioni o di produzione interna di beni che le sostituiscono tendono ad aumentare perché *a*) le importazioni richiedono che si sacrifichi un maggior volume fisico di esportazioni, *b*) una variazione nella composizione merceologica delle esportazioni richiede quantità maggiori di *input* o *c*) gli *input* richiesti per produrre i beni che sostituiscono le importazioni risultano maggiori di quelli richiesti nella produzione dei beni precedentemente esportati, al fine di ottenere la valuta estera necessaria per pagare le importazioni. La spesa in investimenti per ottenere le esportazioni di cui si ha bisogno può risultare così alta, da portare ad un aumento del tasso d'investimento tale da far respingere il piano che lo incorpora, in quanto ciò richiederebbe un'eccessiva riduzione del consumo nel breve periodo.

In effetti, quando risulta chiaro che il commercio estero non può essere asssolutamente bilanciato, si può essere in presenza di un limite assoluto al saggio di crescita. L'autarchia evita le difficoltà del commercio estero, ma non elimina le altre barriere alla crescita. In assenza di commercio estero non c'è la possibilità di allargare delle strozzature ricorrendo a importazioni in cambio delle esportazioni delle industrie regolate dalla domanda. La sostituzione di prodotti interni a prodotti importati può allargare delle strozzature, ma spesso a costi maggiori di quelli che si sosterrebbero incrementando le esportazioni.

La situazione dell'offerta di lavoro e i tipi dominanti di progresso tecnico hanno una importanza fondamentale nella costruzione del piano. In effetti, la capacità del sistema di generare uno sviluppo a lungo termine e i limiti all'espansione potenziale dipendono in definitiva dalle forze dinamiche del progresso tecnico, includendo in esso anche i cambiamenti organizzativi, e dal saggio di crescita dell'offerta di lavoro. Di solito, anche se non sempre, il progresso tecnico viene immesso nel processo economico attraverso l'investimento il quale, a sua volta, crea capacità produttiva potenziale. Le possibilità di sfruttare quest'ultima dipendono dalla disponibilità di lavoro. Nel caso in cui vi sia scarsità di lavoro, la capacità potenziale non può diventare effettiva. In tali condizioni non sarebbe desiderabile aumentare la quota dell'investimento, poiché, *ceteris paribus*, ciò non determinerebbe altro che una sottoutilizzazione della capacità produttiva, a causa della scarsità del lavoro richiesto per far funzionare gli impianti. Se, dato il saggio di crescita, è probabile che si incontrino barriere all'espansione del lavoro, può essere necessario aumentare la quota dell'investimento per favorire l'introduzione di tecniche meccanizzate che risparmino lavoro.

Se l'offerta di lavoro è 'illimitata' allora c'è bisogno di capacità produttiva per produrre di più e per impiegare più lavoro. In questo caso il saggio di crescita del prodotto potenziale — cioè, il saggio di crescita della capacità — può essere sempre uguale al saggio di crescita effettivo e il RICP non gioca alcun ruolo nell'uguagliare i due. Quando l'offerta di lavoro è limitata, il saggio di crescita che essa rende possibile, consiste di tre elementi: *a*) il saggio di crescita del lavoro; *b*) il saggio di crescita della produttività del lavoro con un dato RICP e *c*) la crescita addizionale della produttività del lavoro dovuta all'effetto di sostituzione.

Così, la situazione della riserva di lavoro rappresenta un limite al saggio di crescita del prodotto nazionale solo nell'ipotesi di un RICP costante. Entro certi limiti capitale e lavoro sono sostituibili. In effetti, l'impiego di processi produttivi più meccanizzati consente di risparmiare lavoro, sostituendo ad esso capitale. Ma una tale sostituzione permette di superare una scarsità di lavoro al costo di un aumento dell'investimento per unità di prodotto nazionale. In altri termini, questo cambiamento si ottiene solo al costo di un aumento del RICP. Una scarsità di lavoro non impedisce l'accelerazione del saggio di crescita, ma fa sì che la realizzazione di un saggio di crescita maggiore sia possibile solo attraverso un aumento della quota dell'investimento. In breve,

in condizioni di piena occupazione, il saggio di crescita può essere aumentato in uno dei seguenti modi: 1) aumentando il RICP (se il progresso tecnico è del tipo neutrale); 2) accorciando il periodo di utilizzazione degli impianti, il che porta ad un aumento del coefficiente di ammortamento; 3) migliorando l'efficienza del sistema indipendentemente dall'attività d'investimento; 4) aumentando il RICP se il progresso tecnico è del tipo che incoraggia l'intensità di capitale; e 5) aumentando il saggio di crescita della produttività, con un dato RICP.

Prima di poter stimare l'investimento, è necessario redigere un bilancio della domanda e dell'offerta di lavoro. L'offerta di lavoro è stimata sulla base di dati demografici. La domanda di lavoro è stimata sulla base della struttura, per rami industriali, della produzione, tenendo conto dell'aumento della produttività dovuto al progresso tecnico. L'obiettivo del calcolo dell'efficienza è di ottenere un dato incremento del reddito nazionale con il minimo investimento possibile di risorse, compatibilmente con la garanzia dell'equilibrio del mercato del lavoro e della bilancia dei pagamenti. Si può risparmiare forza-lavoro in molti modi e, *ceteris paribus*, si deve scegliere la variante che comporta la minor spesa d'investimento. Non si serve alcun fine risparmiando lavoro attraverso costosi processi di automatizzazione, se si può realizzare un risultato equivalente attraverso una primitiva meccanizzazione del lavoro 'sul posto', per la quale si richiedono spese minori. Le attrezzature più sofisticate non sempre sono le più preferibili. La scelta ottima dipende dalle circostanze economiche e può essere determinata solo calcolando l'efficienza dell'investimento. Non è necessariamente vero che ciò che è profittevole per una grande impresa in un paese altamente industrializzato, risulti profittevole anche in un paese meno sviluppato. L'efficienza della produzione non dipende solo dal risparmio di lavoro ma anche dal risparmio di risorse investibili. È in questo contesto che assume un ruolo importante la modernizzazione, che spesso assicura sia un risparmio di lavoro che una maggiore capacità produttiva, con spese d'investimento relativamente basse. Ma, dato il saggio di crescita assunto, l'emergere della scarsità di lavoro può richiedere un continuo aumento delle spese d'investimento, per l'introduzione di processi produttivi più meccanizzati.

A questo punto si può stimare l'investimento produttivo totale. Questa stima può divergere materialmente da quella ottenuta con l'assunzione sulla grandezza del coefficiente di capitale. Nonostante che, al saggio di crescita assunto, sia possibile assicurare l'equilibrio del commercio estero, può essere impossibile mantenere la quota relativa dell'investimento produttivo rispetto al reddito nazionale così calcolata. In tal caso il saggio di crescita dovrebbe essere ulteriormente diminuito e si dovrebbe procedere all'esame della nuova variante nel modo sopra delineato. La conclusione finale della nostra analisi è che il massimo saggio di crescita non può essere considerato come la pietra di paragone dell'avanzamento economico.

Dopo questa breve esposizione di come si dovrebbe costruire un piano realistico, passiamo a riassumere le effettive strategie di sviluppo e procedure di pianificazione nelle ETS.

II

Alcune delle caratteristiche più tipiche della tradizionale strategia dello sviluppo nelle ETS erano: enfasi su una rapida industrializzazione, un'allocazione prioritaria e discriminatoria delle risorse a favore dell'industria pesante, una relativa trascuratezza dell'industria leggera e dell'agricoltura, una crescita dell'investimento più rapida di quella del reddito nazionale (e, *ipso facto*, del consumo), la presenza di tendenze autartiche, la nazionalizzazione dell'industria e la collettivizzazione forzata dell'agricoltura. Il progresso era identificato non solo nella massimizzazione del saggio di sviluppo di breve periodo della produzione industriale

ma anche nel saggio di sviluppo di specifiche industrie chiave (gli anelli principali). Una tale strategia dello sviluppo diede luogo a straordinari squilibri e incongruenze nel processo di crescita e a diffuse e deleterie sproporzioni tra lo sviluppo dell'agricoltura e quello dell'industria, tra i differenti rami dell'industria (in termini generali, tra quelli dell'industria pesante e quelli dell'industria leggera), tra la nuova capacità produttiva e l'offerta di materie prime, tra lo sviluppo meramente quantitativo della produzione e la sua qualità, le sue tecniche di produzione e i suoi costi, tra gli investimenti in nuovi impianti e l'obsolescenza nei rami trascurati e, infine, tra le attività produttive e quelle non produttive, con la spaventosa trascuratezza del settore dei servizi. Il consumo era considerato in buona parte come una grandezza residuale già nella fase della formazione del piano e, durante l'esecuzione dello stesso, risentiva ulteriormente del fatto di essere trattato come il cuscinetto che assorbiva gli errori della pianificazione, gli sviluppi imprevisti delle attività non pianificabili (ad esempio, il commercio estero e l'agricoltura) e gli effetti degli spostamenti di priorità che si verificavano nel corso dell'attuazione del piano[3].

Il saggio di crescita della produzione non può essere considerato come la variabile da massimizzare, poiché esso non riesce a riflettere né i costi né la composizione della produzione[4]. Ovviamente gli impieghi a cui è destinato il sovrappiù estratto dalla popolazione non sono indifferenti, così come non è indifferente né il fatto che l'aumento della produzione sia costituito da beni destinati prevalentemente allo sviluppo o al benessere né i costi che esso ha richiesto. La tradizionale strategia dello sviluppo si fondava soprattutto sulla crescita quantitativa o 'estensiva', spinta in gran misura da vasti investimenti e relativi aumenti di occupazione — in contrapposizione a uno sviluppo prevalentemente 'intensivo', caratterizzato dal miglioramento della qualità e della composizione della produzione, dalla riduzione dei costi e dall'aumento della produttività e stimolato, *inter alia,* dalla diffusione del progresso tecnico e organizzativo e dagli incentivi alla produzione. Il problema fondamentale dell'economia socialista non è realmente un problema quantitativo, ma bensì qualitativo. L'aumento (anche se non fittizio) della produzione non è sempre utile, poiché la produzione di beni inutili o obsoleti non è altro che spreco. In un sistema dinamico il processo di espansione quantitativa è interdipendente con il processo di miglioramento qualitativo.

Tradizionalmente l'investimento è stato usato come il propulsore principale della crescita e ad esso è stata accordata la priorità su tutti i fronti. La mania dello sviluppo, divenuta una istituzione che permeava l'intero sistema, forzava l'economia ad espandersi ad un saggio di crescita che pretendeva troppo dalle sue capacità; e non era contrastata da nessun meccanismo endogeno in grado di ridurre il volume dell'investimento e di alterarne la composizione a misura delle possibilità effettive dell'economia. Il punto più delicato del piano era lo stupendo programma d'investimento. Un piano d'investimento impegnativo induceva a fare assunzioni irrealistiche in altri campi. Di conseguenza, in seguito alla forzata, improvvisa ed eccessiva espansione di certe attività, si verificavano delle strozzature che determinavano l'allungamento dei periodi di gestazione degli investimenti e di fruizione della produzione, l'aumento del costo di un'unità addizionale di prodotto e la diminuzione dell'indice di efficienza dell'investimento. Per sostenere la crescita economica, in presenza di una diminuzione nell'incremento della produttività, bisognava convogliare verso l'investimento una quota proporzionalmente maggiore del reddito nazionale. La altre tre alternative a disposizione del p.c. erano *a*) prendere le iniziative necessarie per aumentare la produttività, *b*) adattarsi ad un saggio di crescita minore o *c*) procurarsi finanziamenti all'estero.

Il p.c. tende a stabilire il saggio di crescita più alto possibile, a sottovalutare le barriere e i soffitti e a sopravvalutare la sua capacità

di superarli. Questo è il modo in cui sorge un piano ottimistico, che porta ad un'allocazione distorta delle risorse e, nei casi più estremi, a insuccessi completi di iniziative e ai conseguenti costosi trasferimenti di risorse[5]. In generale, fluttuazioni periodiche nel livello di attività portano alla sottoutilizzazione delle risorse e deprimono i risultati di lungo periodo. L'assunzione di saggi di crescita eccessivamente ambiziosi si risolve in un saggio di crescita effettivo di lungo periodo minore di quello che si sarebbe potuto conseguire se, fin dall'inizio, gli obiettivi della pianificazione fossero stati più modesti.

La coerenza interna e la fattibilità del piano sono una *conditio sine qua non* per la sua realizzazione pratica. Il piano dovrebbe essere costruito in modo da evitare sia scarsità che inutili eccedenze. Il metodo tradizionale, secondo il quale si parte assumendo i saggi di espansione di varie attività, è incompatibile con la complessa coordinazione richiesta dal piano. Un tale metodo porta a scarsità in alcune attività e a eccedenze in altre. Spesso il pianificatore cerca di eliminare le scarsità limitandosi a realizzare uno spurio equilibrio contabile, manipolando i coefficienti *input-output*, facendo affidamento su produzioni che probabilmente non verranno ordinate durante il periodo in questione, facendo previsioni azzardate sul commercio estero e sugli obiettivi dell'agricoltura, aspettandosi che i piani siano più che adempiuti senza fornire gli *input* necessari e, infine, aspettandosi guadagni in efficienza da riforme programmate senza creare le condizioni necessarie alla loro attuazione. Tutto ciò è spesso accompagnato dalla tendenza ugualmente pericolosa a mantenere gli alti indici dei rami 'eccedentari', specialmente di quelli identificati con il progresso. Un tale approccio tende a gonfiare gli *input* appropriati ai prodotti di questi rami e/o a classificare le eccedenze come riserve. Tali riserve sono fonti di spreco sia nella fase della formazione del piano che in quella della sua esecuzione. Un piano così ambizioso e irrealistico contiene in sé i germi di frequenti revisioni. Se tale piano fallisce, esso comporta perdite e costi di cambiamento. Quindi il risultato è peggiore di quello che si sarebbe potuto raggiungere se si fosse adottato un piano più cauto. A ciò si ricollegano i problemi della stabilità del piano e dei loro effetti su coloro che devono eseguirlo. Mentre si presume che il piano sia considerato come una legge da coloro che lo eseguono, lo stesso non vale per il p.c.. Il piano è spesso adottato dopo l'inizio del periodo a cui si riferisce; le sezioni annuali del piano quinquennale non corrispondono al piano annuale effettivo e si giunge persino a manipolare i piani annuali e trimestrali e ad adattarli in modo che corrispondano ai rapporti sulla loro esecuzione. Questo modo di procedere svilisce la proclamata e desiderata stabilità del piano.

III

Nelle ETS le forze inflazionistiche sono generate dalla corsa alla industrializzazione e sono influenzate dal modo in cui è organizzato il lavoro. Le spinte a una industrializzazione accelerata sono di solito accompagnate da un divario crescente tra un fondo salari in rapida espansione e una offerta di beni di consumo che cresce lentamente. Da una parte l'investimento porta a un'espansione del potere d'acquisto, ma dall'altra esso comporta dei tagli nella produzione dei beni di consumo. Questi ultimi si possono ottenere tramite importazioni; ma un maggiore investimento sottopone a tensioni la bilancia dei pagamenti, in quanto genera maggiori bisogni di importazioni di beni di produzione. In definitiva, non solo non è possibile importare beni industriali di consumo, ma è necessario sia limitare le importazioni di materie prime per la produzione di beni di consumo, sia esportare alcuni beni di consumo per pagare le importazioni.

Di solito un aumento del tasso d'investimento è accompagnato da una crescita dell'occupazione nel settore dell'investimento (ov-

vero nelle attività che sostengono l'investimento). Anche senza una variazione dei saggi salariali, ciò produrrebbe un aumento del totale del fondo salari del settore. Il saggio di salario medio di questo settore è solitamente superiore a quello dell'economia nel suo complesso per cui, anche senza un aumento generale dei saggi salariali, la riallocazione del lavoro da settori con salari inferiori a settori con salari superiori alla media gonfia il fondo salari. Un'intensa industrializzazione è generalmente sostenuta dall'impiego di incentivi materiali, che servono ad accelerare il processo di trasformazione, e dall'uso della funzione allocativa dei salari (e dei premi), con cui si attira il lavoro nelle attività prioritarie. Una economia surriscaldata, in cui si verificano interruzioni nei flussi di beni tra le imprese, la qualità degli *input* materiali è scarsa e non si può fare affidamento sui servizi industriali, porta allo spreco del lavoro e al ricorso al lavoro straordinario. Per attirare e conservare il lavoro qualificato si offrono vari incentivi monetari semilegali.

La tendenza ad aumentare l'occupazione non è sufficientemente contrastata da ordini amministrativi e da restrizioni monetarie alla liquidità delle imprese. Nel corso dell'esecuzione del piano i lavoratori godono di un potere d'acquisto 'eccessivo' rispetto alla produzione di beni di consumo.

Le pressioni che portano ad un fondo salari superiore a quello pianificato si fanno sentire sia nel settore dei beni di produzione che in quello dei beni di consumo, e sono intensificate dalla spinta all'investimento. Questo ultimo assorbe sempre più risorse originariamente destinate al consumo corrente, impedendo così la realizzazione del piano per i beni di consumo e provocando una scarsità di materiali e di attrezzature (di produzione interna o importate) nei rami che producono beni di consumo. La verifica reale si presenta non solo nella fase di formazione del piano, ma quando i dirigenti si trovano di fronte al dilemma di sacrificare una parte delle risorse destinate alle attività che promuovono lo sviluppo (minacce di tagli nei piani per la formazione di capitale).

Nel tentativo di mitigare le tensioni inflazionistiche che sorgono in conseguenza del surriscaldamento dell'economia, il p.c. si sforza di contenere l'aumento dei salari e dell'occupazione. Questo sforzo è comunque severamente ostacolato dagli stessi meccanismi di formazione e di esecuzione del piano. Questi meccanismi non solo non ostacolano le tendenze delle famiglie ad elevare i loro livelli di vita attraverso un aumento del numero degli occupati produttivi ma forniscono anche dei propri stimoli all'espansione dell'occupazione, dando luogo al fenomeno della disoccupazione nascosta nell'industria[6]. Nonostante i controlli dei flussi di reddito giochino un ruolo importante, il p.c. incontra gravi difficoltà nel contenere la crescita del fondo salari — il fondo salari ex-post supera di solito quello ex-ante. Il potere d'acquisto comprende anche i redditi privati dei contadini e del 'settore privato' in generale — una buona parte del quale non è controllabile. I redditi illegali o non registrati sembrano essere notevolmente importanti, benché sia difficile accertare a quanto ammontino. Tali redditi derivano fra l'altro dai frutti di vari crimini economici, più o meno gravi, indotti dal sistema e da un diffuso reticolo di pagamenti per corruzioni politiche.

I crimini economici fioriscono soprattutto nei periodi di intensa industrializzazione. 1) Poiché il compito fondamentale è l'adempimento del piano di produzione, i problemi dei costi e della qualità assumono un'importanza secondaria. Inoltre, l'esistenza di un mercato del venditore fa sì che gli acquirenti non siano eccessivamente esigenti; in conseguenza di ciò, al momento della vendita, nessuno rivela quei cattivi usi di materiali che portano a un peggioramento della qualità del prodotto. 2) Sempre a causa del mercato del venditore risulta più facile la vendita di materiali rubati. 3) In conseguenza della larghezza della quota dell'investimento nel reddito nazionale i sa-

lari reali risultano bassi rispetto al potenziale economico. Mentre i primi due fattori facilitano i crimini economici, il terzo li stimola. La società tende a indulgere nella considerazione di questi crimini come una fonte supplementare di redditi in generale bassi. Questa situazione dà luogo a un reticolo di intermediari e di trafficanti in beni rubati che, insieme al numero crescente di coloro che si sono abituati al furto e che beneficiano dell'indulgenza della società, tendono a perpetuare i crimini. Nei periodi successivi, nonostante si presti sempre più attenzione ai costi e alla qualità e aumentino le esigenze del commercio, i crimini economici non accennano a diminuire. Sorgono invece nuove forme di crimine nelle quali il dilettante individuale è sostituito da un gruppo, molto più abile e organizzato[7]. Tali gruppi possono comprendere dipendenti in ogni parte dell'impresa o magari dipendenti che occupano posizioni importanti[8]. I rischi di scoperta dei crimini sono notevolmente ridotti dal fatto che questi sono perpetrati in un'atmosfera di manipolazioni contabili. D'altro lato, lo sviluppo dei controlli non tiene il passo con l'aumento dei crimini economici. In effetti, si può assumere con certezza che i capi di questi gruppi siano abbastanza influenti da opporsi con successo al miglioramento dei controlli[9]. Inoltre essi sono appoggiati, in questa opposizione, da quei *manager* che, per quanto non abbiano nulla a che fare con i crimini, mirano a riportare profitti maggiori (o produzioni maggiori), peggiorando la qualità[10]. I pagamenti per corruzioni politiche (in moneta o in natura) permeano l'intero sistema. Essi sono diffusi nell'industria, la quale è interessata ad ottenere, nel processo di contrattazione con le istanze superiori, piani con obiettivi minori e *input* maggiori; nel sistema di approvvigionamento, onde ottenere consegne tempestive di *input* di qualità migliore; nei servizi industriali; nei trasporti, ecc.

Per quanto riguarda il problema dell'inflazione, va notato che una parte del reddito non registrato non è solo una fonte di ulteriore potere d'acquisto ma anche, nei casi in cui esso rende possibile un aumento del flusso di beni disponibili, un rimedio salutare. Comunque, anche se in alcuni casi gli speculatori svolgono un'utile funzione, l'effetto finale tende ad essere una distribuzione del reddito diversa da quella desiderata.

In un'economia in cui prezzi e salari non sono controllati, l'inflazione si manifesta in un sensibile e continuo spostamento verso l'alto del livello dei prezzi. Ma l'aumento di questo livello è ben lungi dall'essere un indice di perdita economica globale, così come un livello stabile dei prezzi non è un indice di guadagno economico globale. La stabilità dei prezzi potrebbe essere stata raggiunta al costo di una notevole disoccupazione e sottoutilizzazione della capacità produttiva. È chiaro che un'economia sana, in cui l'occupazione è alta e crescente e l'inflazione è moderata, può essere preferibile a un'economia con un potenziale produttivo sottoutilizzato, in cui si venera il principio della 'non-inflazione'. Inoltre, un movimento verso l'alto del livello generale dei prezzi può essere dovuto a ragioni diverse da un eccesso di domanda aggregata: impulsi esterni, spostamenti di rilievo nelle relazioni tra offerta e domanda sottostanti ai mercati di beni importanti, spirale prezzi-salari, ecc. Non ogni inflazione può essere identificata con un'inflazione da eccesso di domanda. La deflazione della domanda effettiva può essere insufficiente ad arrestare gli aumenti dei prezzi o a ridurne il livello. Notevoli aumenti dei prezzi dovuti, ad esempio, a impulsi esterni (cartello petrolifero, scarsità di prodotti agricoli) potrebbero essere controbilanciati solo da drastiche riduzioni di prezzi determinati dalla domanda. Ma tali misure potrebbero essere non solo economicamente e socialmente disastrose, ma anche politicamente non realizzabili. Fattori politici e istituzionali limitano l'impiego di larghe dosi di medicine deflazionistiche o creatrici di disoccupazione, anche se alcuni economisti sostengono che un tale impiego è desiderabile o efficace. La soppressione dell'inflazione non dovrebbe essere lo scopo dell'attività economica e l'assenza di in-

flazione non è necessariamente un indice di successo economico.

Il problema di uguagliare il flusso dei redditi con l'offerta di beni e servizi è complicato dal fatto che è impossibile vendere, ai prezzi in vigore, una parte della produzione di beni di consumo, perché essa è scadente e di povera qualità. Così, per una serie di motivi, tende a verificarsi un eccesso di domanda effettiva aggregata, dato che l'aumento del potere d'acquisto tende a superare l'aumento nella disponibilità di beni di consumo. Il problema è aggravato dalla esistente struttura dei prezzi relativi e dall'assenza di un efficace meccanismo di aggiustamento della produzione non basato sui prezzi. Lo spazio di manovra del p.c. è limitato dal fatto che i salari nominali non possono essere ridotti — in effetti, a certi dati intervalli, ci si aspetta un certo aumento minimo 'normale'. Inoltre aumenti di prezzo — almeno per i beni necessari — non sono politicamente consigliabili. Quali che siano i vantaggi politici delle riduzioni dei prezzi, praticate in alcune ETS, esse devono essere viste nell'ottica di persistenti squilibri nei mercati dei beni di consumo. Tutto ciò, sommato alla mancanza di successo nel controllo della dimensione del fondo salari, tende ad aggravare la disposizione alla scarsità del sistema. Un metodo migliore per aumentare i livelli di vita sarebbe quello di aumentare i salari e lasciare che, in alcuni mercati, i prezzi dei beni di consumo raggiungano i livelli d'equilibrio.

Le tensioni inflazionistiche possono manifestarsi in molti modi. Le autorità non possono evitare che, in forme diverse, si verifichino aumenti nascosti dei prezzi. In condizioni di eccesso di domanda, il produttore peggiora la qualità o il valore d'uso dei beni, per cui il consumatore, di fatto, ottiene di meno per unità di spesa. Il potere d'acquisto reale diminuisce poiché ora è necessaria una spesa maggiore per ottenere la stessa utilità. I produttori tendono a modificare leggermente il prodotto (senza modificare commisuratamente la qualità) mentre le autorità dei prezzi aumentano il prezzo corrispondente. Allo stesso tempo si cessa di produrre il prodotto a buon mercato (per cui vi è ancora domanda). Questa falsa differenziazione del prodotto non risponde di solito alla domanda, ma è dettata dagli interessi del produttore e spesso limita la scelta.

Perciò non è sufficiente esaminare la dinamica del consumo globale; occorre tener conto anche della sua composizione, dato che questa si sposta verso beni più costosi. Il benessere diminuisce quando si restringe il numero delle opzioni disponibili. In tal caso il consumatore è costretto ad acquistare i beni che trova invece di quelli che realmente vorrebbe; oppure è costretto a posporre gli acquisti. Sorge così il problema della scelta e del risparmio forzati. Fare gli acquisti diventa un incubo e il consumatore paga un alto prezzo in fastidi, trattamenti poco gentili e sprechi di tempo. Non si può quindi identificare il potere d'acquisto con il potere di comperare nel negozio. Anche questo fatto dà luogo a ogni sorta di corruzione, vendite sottobanco e acquisti da artigiani. L'inflazione si fa sentire anche attraverso i vari mercati 'privati' (ad esempio, acquisti e vendite di case private, di oggetti di antiquariato, gioielleria, ecc.) e nei mercati neri (specialmente nelle attività dei servizi e delle riparazioni), dove i prezzi sono notevolmente più alti di quelli dei listini ufficiali e tendono ad aumentare in proporzione all'aumento delle scarsità nei mercati ufficiali. I consumatori, sempre più frustrati nella loro ricerca di beni venduti a bassi prezzi ufficiali ma introvabili o di cattiva qualità, tendono a spostarsi nei mercati non-ufficiali per procurarsi beni usati, barattare in beni nuovi, acquistare prodotti artigianali, e impiegare ogni sorta di intermediari e speculatori. I prezzi effettivamente pagati non trovano riscontro nelle statistiche. Benché le autorità centrali tendano a prendere in considerazione solo le variazioni di prezzi che esse stesse effettuano, la popolazione non solo è pienamente consapevole dell'inflazione nascosta ma tende anche a sopravvalutarla.[11]

Le riforme che allargano i meccanismi di mercato tendono ad aumentare il rischio

dell'inflazione aperta. Uno dei problemi che si pongono quando si voglia sfruttare la funzione allocativa dei salari (premi), per stimolare l'esecuzione del lavoro, è dato dal fatto che solo un premio sufficientemente grande può svolgere la sua funzione di incentivo; ma un tale premio aumenterebbe le difficoltà di controllo del potere d'acquisto. Non è certo che al pagamento addizionale corrisponda un aumento di produttività, che si tradurrebbe in un maggior flusso di beni di consumo. Ma questa non è tanto una accusa, quanto un argomento in favore di efficaci politiche dei redditi macro-economiche. La povertà dei risultati raggiunti dalle economie occidentali nel controllo dell'inflazione non è una prova sufficiente che il problema non possa essere risolto con maggior successo in un'economia socialista, in cui sia incorporato un meccanismo di mercato. Coloro che si oppongono alle riforme che allargano i meccanismi di mercato fanno riferimento, di solito, al balzo inflazionistico dei prezzi, alla notevole disoccupazione e al peggioramento della bilancia dei pagamenti nella Yugoslavia del dopo 1965[12]. Ma questo argomento pone l'accento sulle peculiarità delle istituzioni del decentramento e sottovaluta la cattiva gestione della politica macroeconomica e dei fattori strutturali. Anche i critici del « nuovo meccanismo economico » ungherese hanno indicato i pericoli dell'inflazione. Queste paure hanno circoscritto l'esecuzione del programma di riforme[13].

Un'economia surriscaldata dà luogo a pressioni inflazionistiche e rappresenta un ostacolo alle riforme economiche. Il passaggio a un rapporto più basso è una condizione necessaria per allentare le pressioni inflazionistiche e per attuare le riforme. A questo punto ci si dovrebbe soffermare a riflettere su quanto grandi debbano essere i margini di manovra per risultare benefici e tollerabili. C'è del vero nella tesi secondo la quale squilibri, strozzature e scarsità caratterizzano un'economia arretrata in fase di rapido sviluppo; e fanno parte di una linea di sviluppo che massimizza le pressioni e crea incentivi concreti (profitti) per superare le strozzature e aumentare la produttività[14]. Ma un'economia *pianificata* in rapido sviluppo non è necessariamente soggetta a tali pressioni. Questo è proprio il punto attorno al quale verte una pianificazione realistica: essa potrebbe eliminare le pressioni pur mantenendo l'economia sul massimo sentiero di sviluppo sostenibile. Molto dipende dalle istituzioni, dalle attitudini di coloro che prendono le decisioni economiche (come ad esempio la valutazione relativa dell'investimento rispetto al consumo) e dalla storia dello sviluppo recente (tensioni o margini di manovra).

L'osservazione secondo la quale le ETS non soffrono di sonnolenza ma di insonnia è senz'altro valida. Janos Kornai sostiene che un certo eccesso permanente dell'offerta rispetto alla domanda è ammissibile e persino desiderabile. Una tale situazione di continuo 'disequilibrio di sottoccupazione' comporta una certa sottoutilizzazione delle risorse e delle sfasature quantitative di breve periodo tra la produzione effettiva e quella potenziale, ma essa ha effetti positivi sul progresso tecnico, sui risultati qualitativi e sulle caratteristiche dell'adattamento al cambiamento[15]. Kornai sostiene che buona parte del successo delle economie capitalistiche in materia di efficienza dinamica e di adattabilità alle esigenze degli utenti può essere spiegato solo in parte dalle istituzioni tipiche di quelle economie e dallo stimolo del profitto. Egli attribuisce un ruolo uguale, se non maggiore, al fatto che, nel mondo capitalistico, predomina una situazione in cui si danno margini di manovra, che hanno permesso di raggiungere certi risultati qualitativi finora assenti nelle ETS[16].

La questione veramente importante è: in *che misura* si deve spostare l'economia surriscaldata su un rapporto più basso? Esiste chiaramente il pericolo di andare oltre l'obiettivo. La sottoutilizzazione delle risorse esistente nelle economie capitalistiche è una fonte di spreco[17]. In effetti, l'obiettivo di un'economia razionale dovrebbe essere quello di minimizzare tali perdite e noi

sosteniamo che lo strumento per raggiungere questo obiettivo sia una combinazione di pianificazione e di mercato. Non si potrà mai sopravvalutare il pericolo di richiedere *troppo* margine di manovra. Alcuni economisti dei paesi dell'Est hanno persino suggerito che l'unico modo di aumentare l'efficienza del sistema sia quello di ricorrere a un notevole margine di disoccupazione per indurre i lavoratori a lavorare. L'idea di un 'esercito industriale di riserva' in un'economia socialista è ripugnante — quali che siano i suoi meriti in termini di guadagni potenziali in efficienza. Il problema fondamentale è per che cosa e per chi è l'efficienza. Ci sembra che una pianificazione realistica (dando il dovuto peso alle barriere inflazionistiche, tecniche e organizzative) potrebbe permettere di operare con il minimo margine di manovra necessario per realizzare una riforma significativa e coerente.

G.R.F.

Traduzione: G. GRAZIOLA - MILANO

BIBLIOGRAFIA E NOTE

1 M. KALECKI, *Introduction to the Theory of Growth in a Socialist Economy*, Blackwell, Oxford, 1969, pp. 28-34 (trad. it. *Teoria dello sviluppo di un'economia socialista*, Editori Riuniti, Roma, 1967); cfr. G. R. FEIWEL, *The Intellectual Capital of Michal Kalecki*, Univ. of Tennessee Press, Knoxville, Tenn., 1975, pp. 323-34.

2 Nell'opera pionieristica di Kalecki, che ha ispirato questo paragrafo, si indagano le specificazioni dei termini della scelta del p.c.; che cosa egli dovrebbe e non dovrebbe fare e i fattori limitativi che egli deve prendere in considerazione. Vedi, in particolare, KALECKI, *Introduction* (trad. it. *Teoria*) e *Z zagadnien gospodarczospolecznych Polski Ludowej*, PWN, Varsavia, 1964; cfr. FEIWEL, *The Intellectual Capital*, parte III.

3 Per una rassegna storica e un'analisi più completa della strategia dello sviluppo di tipo Sovietico vedi, *inter alia*, A. ERLICH, *The Soviet Industrialization debate, 1924-1928*, Harvard Univ. Press, Cambridge, Mass., 1960 (trad. it. *Il dibattito sovietico sull'industrializzazione 1924-1928*, Laterza, Bari, 1969); N. SPULBER (ed.), *Foundations of Soviet Strategy for Economic Growth*, Bloomington, Ind., 1964 (trad. it. *La strategia sovietica per lo sviluppo economico, 1924-1930*, Einaudi, Torino, 1970) e FEIWEL, *The Soviet Quest for Economic Efficiency*, Praeger, New York, 1972, pp. 3-76.

4 Cfr. J. KORNAI, *Rush Versus Harmonic Growth*, North-Holland, Amsterdam, 1972; National Bureau of Economic Research, *Economic Growth*, New York, 1972; J. TINBERGEN *et al.*, *Optimum Social Welfare and Productivity*, New York Univ. Press, New York, 1972.

5 Cfr. FEIWEL, *Problems in Polish Economic Planning*, Vol. II di *Industrialization and Planning under Polish Socialism*, Praeger, New York, 1971, pp. 293 sgg.

6 Per una discussione di questo interessante fenomeno vedi FEIWEL, Causes and Consequences of Disguised Industrial Unemployment in a Socialist Economy, *Soviet Studies*, XXVI, 3 (1974), pp. 344-62.

7 Ad esempio, in Bulgaria, Mototekhnika (responsabile delle vendite di automobili al pubblico) fu al centro di uno scandalo che coinvolse i suoi più alti dirigenti. A quanto pare costoro furono responsabili di aver concesso ad amici e parenti l'acquisto di numerose automobili (presumibilmente destinate ad essere rivendute) in un breve periodo di tempo, evitando il solito periodo di attesa di quattro anni. I dirigenti in questione trassero profitto anche dalle vendite di automobili danneggiate a prezzi inferiori a quelli di mercato, che venivano rapidamente riparate da piccoli danni e rivendute a terzi a prezzi esorbitanti. Un'altra attività consisteva nella vendita di parti di automobili non ancora montate, che venivano prontamente montate e rimesse in circolazione. *Partien Zhivot*, 16 (1972).

8 Ad esempio, si è avuta notizia di un caso di corruzione e di furto a Lovech, Bulgaria, in cui erano coinvolti il direttore e il contabile capo. *Rabotnichesko Delo*, 2 aprile, 1972. A partire dal dicembre 1972 si è scoperta un'organizzazione di ladri di combustibile per il riscaldamento all'interno della Società per il commercio del combustibile della città di Sofia. Vi erano coinvolte 1.000 persone per un giro d'affari di 450.000 leva. K. Mishev, *Anteni*, 21 febbraio 1975, p. 5. Anche il commercio estero bulgaro è stato al centro di molti scandali. Il più recente ha riguardato il pagamento, da parte di una impresa occidentale, di tangenti per un ammontare di 47.000 leva, riscosse dai dipendenti della Rodopaimpex, che causarono una perdita allo stato di 755.000 leva. *Rabotnichesko Delo*, 15 marzo 1975.

9 Alla fine del 1971 e all'inizio del 1972 divenne noto il caso curioso di un certo Vassil Stefanov. Nel 1963 egli iniziò una carriera folgorante che lo portò ai vertici dell'amministrazione di Sofia. Egli usò del potere derivantegli dalla sua posizione per distribuire favori, incassare tangenti e, in generale, accumulare un'enorme fortuna e organizzare un'intera rete di complici. Stranamente, benché la sua corruzione fosse nota da parecchi anni, gli fu permesso di continuare a mantenere i suoi alti incarichi. Circa otto altri funzionari d'alto rango del partito furono menzionati quali membri della sua combriccola. *Partien Zhivot*, 11 (1971); *Rabotnichesko Delo*, 31 agosto 1971; *Trud*, 15 febbraio 1972.

10 KALECKI, *Z zagadnien*, pp. 83-90.

11 Cfr. *Rabotnichesko Delo*, 20 novembre, 1973; B. CSIKOS-NAGY, *Socialist Economic Policy*, Akademiai, Budapest, 1973, pp. 170-75; KORNAI, *Rush Versus*, pp. 67 sgg.

12 I dati indicano, per le ETS, un saggio annuo di inflazione compreso tra il 2 e il 3 per cento, che rappresenta comunque una stima notevolmente erronea per difetto. Secondo fonti non ufficiali, in questi paesi, le stime del saggio di aumento dei costi nell'industria e nelle costruzioni sono oscillate tra il 4,5 e il 9 per cento annui, dalla metà degli anni '60. K. ENGEL, *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 21 febbraio 1975. Vi sono anche degli indizi secondo i quali il tipo di aggiustamento dei produttori era indirizzato all'aumento dei prezzi piuttosto che all'aggiustamento del flusso della produzione. In Yugoslavia un certo numero di indicatori dell'attività economica hanno presentato un serio deterioramento; i prezzi industriali sono quadruplicati dal 1965 al 1972 e il costo della vita è lievitato di circa il 150 per cento. Il saggio di crescita annuo medio dell'oc-

cupazione è sceso dal 5,7 per cento nel 1955-64 all'1,8 per cento nel 1964-72. La disoccupazione è aumentata notevolmente. Nel 1972 essa aveva raggiunto l'8 per cento. La Yugoslavia — insieme alla Grecia e all'Irlanda — ha registrato i saggi più alti d'Europa. Inoltre, un milione di lavoratori hanno cercato lavoro all'estero. B. HORVAT, *Ekonomist*, 1-2 (1974).

13 Nei primi anni '70 i produttori erano protetti dagli aumenti dei prezzi delle materie prime sui mercati mondiali. La differenza tra il prezzo amministrativo interno e il costo effettivo era assorbita dal bilancio. Ma, in seguito ai sostanziali aumenti di prezzi nel commercio all'interno del Comecon nel 1975, l'intera area dovrebbe subire un forte impatto inflazionistico.

14 A. HIRSHMAN, *The Strategy of Economic Development*, Yale Univ. Press, New Haven, 1958.

15 Cfr. J. A. SCHUMPETER, *Capitalism, Socialism and Democracy*, Harper & Row, New York, 1947, p. 85 (trad. it. *Capitalismo, socialismo e democrazia*, Edizioni di Comunità, Milano, 1964).

16 KORNAI, *Anti-Equilibrium*, North-Holland, Amsterdam, 1971, *passim*.

17 KALECKI, *Theory of Economic Dynamics*, Allen & Unvin, London, 1965 (trad. it. *Teoria della dinamica economica*, Einaudi, Torino, 1957).

The Problem of Refereeing

A. JACK MEADOWS
University of Leicester

I INTRODUCTION

The refereeing of research papers prior to their publication is a long-standing practice in the academic world, though the way in which it has been implemented has varied from journal to journal, as well as at different periods in the history of individual journals. The prime reason advanced for the imposition of refereeing is, of course the need to guarantee an acceptable standard for published research work. Refereeing is therefore often seen as an essential defence against bad science; it allows scientists to accept published work on faith, without a constant rechecking of its accuracy.

An article in a reputable journal does not merely represent the opinions of its authors; it bears the *imprimatur* of scientific authenticity, as given to it by the editor and the referee whom he may have consulted. The referee is the lynchpin about which the whole business of science is pivoted[1].

Most authors would, nevertheless, agree that the refereeing system, as normally operated, has disadvantages. The most obvious of these is the additional time delay it introduces into the publishing process; but other doubts (e.g. as to the efficiency of refereeing) exist, and will be discussed below. These drawbacks are normally borne by authors with a degree of resignation, since they are described as a moderate price to pay for the advantages of quality control.

My aim in this article is to suggest that the link between refereeing and research standards is less clear-cut than is generally supposed. It is certainly necessary to provide some monitoring of the research material that is submitted to journals, but a more relaxed approach to refereeing may well be feasible in the light of available evidence. Such an approach would certainly simplify journal production; at the same time, it might remove some of the objections of authors to current refereeing practices.

II REFEREEING AND JOURNAL PRODUCTION

Queries concerning the refereeing process fall into two categories — one relating to its cost in terms of time and money; the other to its efficiency. In this section, we examine the question of cost.

The direct cost to a publisher of handling refereeing (i.e. postal charges, time of office staff involved, etc.), can run into hundreds, or thousands, of pounds, depending on the number of papers submitted for consideration. Some American journals are thinking of introducing, or already have introduced, handling charges for every paper received, to cover this cost. The amount demanded is of the order of £10 per paper, and this figure probably approximates fairly well to the direct cost. However, one must also note the indirect costs of refereeing; in particular, the cost-equivalent of the time that referees devote to their work. It is hard to put a figure on this, but we can argue in the following way. Referees of scientific papers, on average, spend only a few hours over the task[2]. The cost of this time depends on the *status* of the referee. Although a greater number of junior scientists is asked to act as referees, each senior scientist tends to be used more frequently; so that junior and senior scientists are used equally. Hence, in money terms, the 'average' scientist lies somewhere in the middle of the salary scale. This implies that the hidden cost of refereeing (not allowing for various overheads) is of the same order of magnitude as the direct costs.

Although the financial aspect of the refereeing system cannot be totally ignored, it is seldom this part of the process that evokes protest from participants. Rather, their main question, as authors, concerns the interruption in the flow of publication that is introduced by refereeing. A referee may only take a short time to assess a paper; but the paper may have been resting in his in-tray for days, or weeks, beforehand, and may not be promptly returned to the editor afterwards. Most currently available information on refereeing process relates to U.S. journals[3]. For this reason, we shall be using predominantly U.S. data in this paper. We find that surveys in the U.S.A. do provide quantitative backing for the common belief amongst authors that refereeing not only appreciably delays the publication of a paper, but, moreover, that the delay varies in no very systematic way from paper to paper.

As an example of the first point, we may note that the American Institute of Physics in recent years has aimed to take three months over the reviewing process and an equal length of time for the actual process of publication. Hence, half of the time between the receipt of a manuscript and its final appearance in publication form is taken up with various aspects of refereeing. The second point — the spread of referees' reply times — can be illustrated from the experience of one social science journal in the United States that avowedly hoped to elicit replies from its referees within two weeks. In fact, only 30 per cent of the papers sent out to referees were returned within this time-limit. The actual period taken to reply varied from less than a week (for 8 per cent of the contributions) to more than six weeks (for 19 per cent of the contributions). The article that reported these data concluded: it would seem that referees who procrastinate are a major bottleneck in the editorial process[4].

Even if all referees were punctilious in their return of manuscripts, there would still be a spread in the times required for refereeing. Manuscripts that are involved in some form of controversy — for example, those rejected by one referee, but accepted by another — are almost invariably delayed, sometimes by a year or more[5]. Unfortunately, as will be noted below, more significant papers tend also to be more controversial, and so are likely to be subjected to above-average delays.

Irritation with these delays has led to various attempts to circumvent them. The most interesting approach — so far as refereeing is concerned — has hinged on the establishment of preprint exchange groups. These were intended to formalize the distribution of preprints by setting up an exchange system, perhaps run through a central office. For example, there was an ambitious scheme to set up a Physics Information Exchange for research workers in theoretical high-energy physics during the early 1960s. All such attempts have, however, been censured, especially by the editors of existing journals, as creating the equivalent of unrefereed journals. This opposition has been a significant factor in preventing the establishment of a widespread formalized system of preprint distribution. The desire to form such groups nevertheless indicates very clearly the impatience felt towards established refereeing procedures by authors in rapidly expanding fields of research.

III THE RELIABILITY OF THE REFEREEING PROCESS

If one main objection to refereeing is the delay which it introduces into publication, another, at least equally important, is the uncertain reliability of the refereeing process.

Refereeing might be considered unreliable for two reasons:

1) because referees judgements are factually incorrect;

2) because of an inherent, or even deliberate, bias on the part of a referee against (or towards) a particular kind of approach, or author. (These two possibilities are not, of course, mutually exclusive.)

The first thing to say is that biassed judgement by the referee due to the position held by the author (e.g. academic seniority, institutional affiliation) seems not to be a factor of major importance. Surveys have found some possible correlations of this type[6], but they are sufficiently small to allow, for the purpose of our present discussion, an examination of the reliability of refereeing in terms of the scientific community as a whole. It is worth beginning by pointing out that the refereeing process has, by its nature, an inbuilt bias. A person who is asked to referee a paper more often than not sees this as an invitation to criticise the paper. Consequently, referees' reports tend to overplay weak points, and to under-emphasize good points. Since, as we shall remark again below, innovative papers are more likely to be open to criticism, this 'adversary' approach may discriminate against them.

An obvious sign of unreliability in a referee's comments occurs when they contain errors of fact. Data on the incidence of erroneous criticisms by referees are naturally hard to find, but such errors may happen more frequently than is generally supposed.

For example, an author in one biomedical field has estimated that a fifth of the referees' reports contain a major factual error. He comments: «There is serious objective evidence that some referees, and even some highly respected ones in top academic positions, are at best ignorant and careless and at the worst deliberately destructive»[7]. In some instances, authors may never know of the error, since editors often do not transmit all the comments of a referee. One reason for the occurrence of such factual misstatements is the difficulty of matching author and referee. An author, almost by definition, is immersed in the subject matter of his paper, but this is not always true of the referee. Indeed, since most researchers change their fields of interest at intervals, editors' ideas of suitable referees are always slightly out of date.

There is another aspect of errors in submitted papers that reflects on the refereeing process — this is the extent to which genuine errors are detected by referees. Clearly, some incorrect material passes undetected by referees, since scrutiny of some papers in depth would require days, rather than hours, of effort on the part of the referee. So long as the error is actually contained in the paper, however, its occurrence is seldom disastrous. Anyone who subsequently attempts to make detailed use of the paper is likely to detect significant mistakes. Much more important are the errors that cannot be detected directly. These fall into two categories. Firstly, the attempt by an author in writing a paper to present results in the most favourable light can lead to a suppression, or distortion, of some of the evidence. Secondly, an author's interpretation of his, or her, results may be biassed by theoretical expectations. These factors can be very difficult for a referee to discern. For example, an analysis of the original data reported in a series of psychology papers indicated that three out of seven of the papers incorrectly interpreted the data[8]. This could not be detected by referees. Similarly, one could cite the recent instance of a series of biochemical papers, based on spurious research data, all of which were published in properly refereed journals. Refereeing has the basic limitation that it only looks at the final product, and the latter depends on the authors' skill at presentation as well as on the intrinsic value of the research results.

Assessing the reliability of refereeing judgements is by no means easy, since it may, itself, depend on value judgements by the assessor. One reasonable mode of approach, however, is to examine the incidence of disagreement between referees when the same paper is submitted to two, or more, of them. The extreme example of such disagreement — recommendation of rejection by one referee and recommendation of acceptance by another — is relatively easy to measure, and some figures are

available for U.S. journals. Agreement between referees is good for physics; opposing recommendations were made for only 3 per cent of the pairs of reports investigated[9]. On the other hand, disagreement for biomedical papers is much more marked, occurring in 25 per cent of the cases studied[10]. This latter proportion is sufficiently high to raise a serious query as to the objectivity of refereeing in biomedical subjects.

Even when referees agree in their judgement of a paper, their opinions may not subsequently be endorsed by the scientific community at large. A recent U.S. study of the refereeing of chemical papers suggests that this may, indeed, sometimes be true. It compared the evaluation of papers by referees with later reader assessments, as measured especially by citation counts and informed opinion. The main conclusion is expressed as follows. «Our results are not favorable to the referees... A significant relationship is found, but one which would indicate that papers that become highly cited received generally lower referee evaluations than papers which were cited less frequently»[11]. As a generalization from this, we can say that the more original and speculative papers, if they trigger any response at all, tend to be more widely quoted. Equally, however, they are more likely to be viewed adversely by referees than, for example, papers reporting straightforward experimental results. The ultimate consequence of this is that papers later judged to be of major scientific significance, may initially run into severe refereeing problems. As one example from many, we may note that in nuclear physics in the years before the Second World War at least three major theoretical contributions are said to have been initially rejected by referees[12].

Innovatory papers also seem to be especially prone to criticism by referees on the grounds that they do not adequately acknowledge prior research. Typically a dispute develops when a referee insists that work already in the literature (often carried out by himself or his associates) should be acknowledged in a paper, whilst the author believes that this work is largely irrelevant to his own advances. We can quote again here from the investigation of U.S. chemical papers mentioned previously. «In one case, a referee went as far as to accuse the authors of plagiarism. In a few other cases, the accusations were couched in less extreme terms for example, by suggesting the authors had not acknowledged or cited the real sources of their ideas».

If the allegedly uncited work is by the referee, the latter is clearly in an advantaged position for pressing the point. The perfectly legitimate objection here can shade off sometimes in to the illegitimate. More generally, malpractice in refereeing, on the rare occasions when it occurs, consists primarily of delaying, or blocking, the publication of a paper for personal motives. Hardly surprisingly, there is little evidence in this area, but we can quote the following.

«One referee... caused a delay of over a year in the publication of this paper, requiring first prescribed revision and then a revision of the revisions

prescribed by him. In the meantime he had published a paper which took some of the sting out of our paper»[13].
Such occurrences, even if infrequent, introduce an inevitable note of suspicion into the refereeing process. This is enhanced by the customary anonymity of most refereeing comment — something that has been bitterly attacked by a number of authors in recent years. As a consequence, authors are always prone to suspect that referees' comments are not entirely disinterested.

IV MODIFYING THE REFEREEING SYSTEM

We have looked at two criticisms of the refereeing system as it is currently implemented — that it is costly in terms of time and money, and that its reliability is open to question. However, it is worth noting that the employment of referees is by no means universal among research journals. Thus a survey of 156 scientific journals published in 13 different countries in the 1960s showed that only some 70 per cent of them employed referees[14]. The existence of such unrefereed journals is usually dismissed as unimportant, with the implication that they survive parasitically on the good habits induced in authors by refereed journals. This appears to be a *post hoc* rationalization, which hardly reflects the factors that are equally at work in both refereed and unrefereed journals. In the first place, incoming material is always initially monitored by an editor. An appreciable proportion of the papers rejected (perhaps as much as half) never reach a referee, because they are immediately declined by the editor. Secondly, research workers of any experience have learnt to monitor the presentation of their own work, so as not to endanger the research reputation they have gained. Thirdly, contributions, especially by recent recruits to research, are often monitored in some way (e.g. by a supervisor, or by presentation at a seminar) before submission for normal publication. Factors such as these suggest that the refereeing process might be streamlined without having a disastrous effect on the development of research.
We can begin with the point that editors habitually reject papers that are obvious non-starters. They then typically dispatch the remainder for assessment to people whom they believe to be experts in the particular topics involved. However, there is quite good evidence for supposing that opinions regarding the acceptibility of a research paper do not depend very strongly on whether the assessor is an expert in the specific topic, or only in the general field[15]. Hence, the editor of a learned journal may not be able to make the same detailed comments on a paper as a suitably selected external referee, but he is likely to come to the same conclusion as regards its acceptibility for publication. In terms of selecting material from the input to a journal, an editorial board with restricted membership may therefore be almost as efficient as a complex refereeing system. Use of

such a board for almost all the refereeing work can unify and accelerate the process, and can also remove some of the objection to anonymous referees (since the composition of such boards is usually announced).
Clearly, the members of such a board would be worked a good deal harder than a wider circle of referees. But, so long as the prime judgement is that of acceptibility, the time required to handle each paper should be less than usual; it is the need to make detailed comments on contents that usually takes up a referee's time. Correspondingly, style of presentation and major defects would be noted, but minor defects might well pass undetected. In view of the current deficiencies of the refereeing process, it is not evident that this is too serious a problem, especially in view of the small number of people who read any published paper in real detail. (The number of readers of a research paper is a highly uncertain statistic, but probably less than ten read the average paper really thoroughly.) In any case, this drawback can be counterbalanced by the speed of evaluation possible with an editorial board, and by the greater consistency of decisions possible with a smaller group of assessors.

A more serious objection to this approach to refereeing is that it cuts down the interaction within the scientific community — authors receive less feedback on the quality of their work, young research workers have less chance of involvement in the process of assessment, and aggrieved authors have less chance of redress. None of these problems are unsolvable; for example, the work of an aggrieved author might be submitted to external referees on payment of a fee. The real objection may be that more fundamental changes will be required in the future: for the traditional journal may, itself, change, and so precipitate an unavoidable change in the refereeing process.
The introduction of synoptic publication has already raised queries concerning present refereeing systems — particularly with regard to their speed. The progression to electronic journals raises much more fundamental problems; for example, it makes it possible for the entire readership of a journal to act as the refereeing panel. It may be that in the next few decades the changing nature of publication will demand a thorough reassessment of how, and why, we carry out refereeing.

A. J. M.

BIBLIOGRAPHY AND NOTES

1 J. ZIMAN, *Public Knowledge*, Cambridge University Press, 1968, p. 111.

2 M. J. MULKAY and A. T. WILLIAMS, A sociological study of a physics department, *British Journ. Sociol.*, 22 (1971), pp. 68-82.

3 A detailed study of refereeing procedures in the United Kingdom is currently being completed by Mr. M. D. GORDON and the present author at the University of Leicester (1978).

4 H. RODMAN, The moral responsibility of journal editors and referees, *American Sociol.* 5 (1970), pp. 351-7.

5 A. J. MEADOWS, *Communication in Science*, Butterworths, London, 1974, p. 138.

6 For example, some institutional differentiation has been found in the survey, mentioned in Note 3 above. The data are presented by M. D. GORDON, Refereeing reconsidered; an evaluation of unwitting bias in scientific evaluation, in *Proceedings of the First World Conference of Scientific Editors*, Jerusalem, 1977.

7 D. F. HORROBIN, Referees and research administrators; barriers to scientific research?, *British Medical Journ.*, 2 (1974), pp. 216-8.

8 L. WOLINS, Responsibility for raw data, *American Psychol.*, 17 (1962), pp. 657-8.

9 H. ZUCKERMAN and R. K. MERTON, Patterns of evaluation in science; institutionalisation, structure and functions of the referee system, *Minerva*, 9 (1971), pp. 66-100.

10 R. H. ORR and J. KASSAB, *Peer group judgment on scientific merit; editorial refereeing.* Presented to the Congress of the International Federation for Documentation, Washington D. C., 15 October 1965.

11 H. G. SMALL, *Characteristics of frequently cited papers in chemistry*, National Science Foundation Report NSF - C795 (1973).

12 C. WEINER (ed.), *Exploring the history of nuclear physics*, American Institute of Physics, New York, 1972.

13 R. D. WRIGHT, Truth and its Keepers, *New Scientist*, 45 (1970), pp. 402-3.

14 H. ZUCKERMAN and R. K. MERTON, *Op. cit.*

15 E. O. SMIGEL and H. L. ROSS, Factors in the editorial decision, *American Sociol.*, 5 (1970), pp. 19-21.

Il problema del 'Refereeing'

A. JACK MEADOWS
University of Leicester

INTRODUZIONE - I

Nel mondo accademico, la pratica del *refereeing* degli articoli scientifici prima della pubblicazione ha una lunga storia, benché il modo di procedere abbia variato da rivista a rivista, così come in periodi diversi nella storia delle singole riviste. Il motivo fondamentale addotto per l'imposizione del *refereeing* è, naturalmente, l'esigenza di garantire un livello accettabile per i lavori scientifici da pubblicarsi. Spesso si vede perciò nel *refereeing* una difesa indispensabile contro la cattiva scienza; esso permette agli scienziati di accettare fiduciosamente i lavori pubblicati, senza ricontrollarne continuamente l'accuratezza.

Un articolo in una rivista seria non rappresenta semplicemente le opinioni dei suoi autori, ma porta l'*imprimatur* della autenticità scientifica, datogli proprio dal direttore e dal *referee*, che sia stato eventualmente consultato. Il *referee* è il perno attorno al quale ruota tutta l'attività scientifica[1]. Tuttavia, la maggior parte degli autori sarebbe d'accordo sul fatto che il sistema del *refereeing*, così come esso viene normalmente praticato, ha degli svantaggi. Il più ovvio di questi svantaggi è l'ulteriore ritardo che esso comporta nel processo di pubblicazione; ma vi sono altri dubbi (ad esempio, sull'efficacia del *refereeing*), che verranno discussi più avanti. Normalmente gli autori sopportano questi inconvenienti con una certa rassegnazione, essendo gli stessi considerati come un modico prezzo da pagare per usufruire di un controllo qualitativo.

Il mio scopo, in quest'articolo, è di dimostrare che il legame tra *refereeing* e qualità della ricerca è meno sicuro di quanto generalmente si pensi. È senz'altro necessario fornire un certo controllo sul materiale scientifico proposto alle riviste, ma da quanto concretamente risulta si intravvede la possibilità di un atteggiamento meno rigido nei riguardi del *refereeing*. Tale atteggiamento semplificherebbe senz'altro la produzione di riviste; nello stesso tempo esso potrebbe ovviare ad alcune delle obiezioni degli autori alle normali pratiche di *refereeing*.

IL 'REFEREEING' E LA PRODUZIONE DI RIVISTE - II

I dubbi concernenti il procedimento del *refereeing* risultano di due tipi — uno riguarda il suo costo in termini di tempo e di denaro, e l'altro l'efficacia del *refereeing*. In questa sezione esamineremo il problema del costo.

Il costo diretto di gestione del *refereeing* (cioè spese postali, tempo del personale richiesto in ufficio, ecc.) per l'editore, può salire fino a centinaia o migliaia di sterline, a seconda del numero degli articoli inviati per essere presi in considerazione. Alcune riviste americane stanno progettando, o hanno già introdotto, per coprire quel costo, un pagamento per ogni articolo ricevuto. L'ammontare è dell'ordine di 10 dollari per articolo, una cifra che probabilmente si avvicina abbastanza bene al costo diretto. Si deve comunque prender nota anche dei

costi indiretti del *refereeing*; in particolare, il costo equivalente al tempo dedicato dai *referee* al loro lavoro. È difficile fissare una cifra per questo costo, ma possiamo ragionare nel modo seguente. I *referee* degli articoli scientifici spendono in media solo poche ore per svolgere questo compito[2]. Il costo di questo tempo dipende dallo *status* del *referee*. Benché il numero dei giovani scienziati a cui si chiede di fare da *referee* sia maggiore di quello degli scienziati anziani, si tende sempre più spesso ad usare singolarmente questi ultimi; per cui si utilizzano in egual misura scienziati giovani e anziani. Quindi, in termini monetari, lo scienziato 'medio' si trova all'incirca in posizione intermedia nella scala degli stipendi. Ciò significa che il costo nascosto del *refereeing* (senza tener conto dei costi fissi) è dello stesso ordine di grandezza dei costi diretti.

Benché l'aspetto finanziario del sistema del *refereeing* non possa essere completamente ignorato, di rado è questo l'aspetto che suscita la protesta di chi vi è interessato. Il problema principale, per gli autori, piuttosto è quello dell'interruzione causata dal *refereeing* nel corso della pubblicazione. Un *referee* può impiegare solo poco tempo per valutare un articolo; ma l'articolo può già essere rimasto sulla sua scrivania per giorni o settimane e, successivamente, può non essere prontamente rispedito al direttore. La maggior parte delle informazioni disponibili sul procedimento del *refereeing* riguarda le riviste degli Stati Uniti[3]. Per questa ragione, useremo in questo articolo soprattutto dati USA. Scopriamo così che le inchieste fatte negli USA forniscono un sostegno quantitativo alla convinzione diffusa tra gli autori, che non solo il *refereeing* ritarda sensibilmente la pubblicazione di un articolo, ma anche che il ritardo non varia in modo molto netto da articolo a articolo.

Come esempio del primo punto, possiamo far notare che l'American Institute of Physics, negli anni recenti, tendeva ad impiegare tre mesi per il procedimento di valutazione e un uguale periodo di tempo per quello effettivo di pubblicazione. Quindi, metà del tempo intercorrente tra il ricevimento di un manoscritto e la sua apparizione finale, in forma di pubblicazione, è assorbito dai vari aspetti del *refereeing*. Il secondo punto — la dispersione dei tempi di risposta dei *referee* — può essere illustrata con l'esperienza di una rivista di scienze sociali degli Stati Uniti, che si attendeva espressamente di ottenere le risposte dei suoi *referee* entro due settimane. In effetti, solo il 30 per cento degli articoli spediti ai *referee* furono restituiti entro quel limite di tempo. I periodi effettivamente impiegati per rispondere sono variati da meno di una settimana (per l'8 per cento dei contributi) a più di sei settimane (per il 19 per cento dei contributi). L'articolo che ha riportato questi dati concludeva: sembrerebbe che il ritardo delle risposte da parte dei *referee* costituisca una delle principali strozzature del processo editoriale[4].

Anche se tutti i *referee* fossero scrupolosi nel restituire i manoscritti, vi sarebbe ancora una dispersione nei tempi richiesti dal *refereeing*. I manoscritti coinvolti in qualche tipo di controversia — ad esempio, quelli respinti da un *referee* ma accettati da un altro — sono quasi sempre rinviati, alle volte di un anno o più[5]. Sfortunatamente, come faremo notare più avanti, gli articoli più significativi tendono anche ad essere i più discussi e, quindi, è probabile che siano soggetti a rinvii superiori alla media.

L'irritazione causata da questi ritardi ha portato a vari tentativi per evitarli. L'iniziativa più interessante — per quanto riguarda il *refereeing* — si è basato su gruppi di scambio di prestampati. L'intenzione era di garantire, con questi gruppi, la distribuzione di prestampati, stabilendo un sistema di scambio, gestito eventualmente da un ufficio centrale. All'inzio degli anni '60, esisteva, ad esempio, l'ambizioso progetto di fondare uno Scambio di Informazioni per la Fisica, a disposizione di ricercatori nella fisica teorica delle alte energie. Tutti questi tentativi sono stati comunque criticati, specialmente dai direttori delle riviste esistenti, in quanto essi creavano l'equi-

valente di riviste senza *refereeing*. Questa opposizione ha costituito un fattore importante per prevenire la creazione di un vasto sistema formalizzato di distribuzione di prestampati. Il desiderio di formare tali gruppi, comunque, indica molto chiaramente il disagio nei riguardi delle esistenti procedure di *refereeing*, da parte di autori che lavorano in campi di ricerca in rapida espansione.

L'ATTENDIBILITÀ DEL PROCEDIMENTO DI 'REFEREEING' - III

Se un'importante obiezione al *refereeing* riguarda il ritardo che esso causa alla pubblicazione, un'altra obiezione, almeno di uguale importanza, riguarda la dubbia attendibilità del procedimento di *refereeing*. Vi sono due motivi per cui si può considerare inattendibile il *refereeing*:

1) perché le valutazioni dei *referee* sono di fatto inesatte;

2) per gli impliciti o, anche, deliberati pregiudizi di un *referee* contro (o a favore di) un particolare tipo di approccio o autore. (Queste due possibilità non si escludono naturalmente l'un l'altra).

Vi è innanzitutto da dire che le prevenzioni nel giudizio del *referee*, dovute alla posizione occupata dall'autore (ad esempio, anzianità accademica, appartenenza a un'istituzione), non sembrano costituire un elemento di grande importanza. Le inchieste hanno rilevato che correlazioni di questo tipo sono possibili[6], ma troppo limitate per permettere, ai fini della presente discussione, un esame dell'attendibilità del *refereeing* riferito alla comunità scientifica nel suo complesso. Vale la pena di iniziare notando che, per sua natura, il procedimento di *refereeing* contiene in se stesso un elemento di pregiudizio. Una persona a cui si chiede di valutare un articolo, considera ciò, il più delle volte, come un invito a criticare quell'articolo. Di conseguenza, le relazioni dei *referee* tendono ad esagerare l'importanza dei punti deboli e a sottovalutare i punti migliori. Poiché, come osserveremo di nuovo più avanti, gli articoli originali hanno più probabilità di essere soggetti a critiche, quest'atteggiamento 'avverso' può risultare discriminante nei loro riguardi.

Un ovvio elemento di inattendibilità delle osservazioni di un *referee* si ha quando queste contengono errori di fatto. È naturalmente difficile ottenere dati sulla incidenza di critiche erronee da parte dei *referee*; ma tali errori possono verificarsi più spesso di quanto generalmente si supponga. Un autore in un campo della biomedicina, ad esempio, ha calcolato che un quinto delle relazioni dei *referee* contengono un grave errore di fatto. Egli osserva: « esistono serie prove oggettive che alcuni *referee*, compresi anche alcuni *referee* molto rispettati e ai vertici delle posizioni accademiche, sono nella miglior delle ipotesi ignoranti e trascurati e, nella peggiore, deliberatamente distruttivi »[7]. In alcuni casi, è possibile che gli autori non vengano mai a sapere dell'errore, poiché i direttori spesso non inviano tutti i commenti del *referee*. Un autore, quasi per definizione, è immerso nell'argomento del suo articolo, ma ciò non è sempre vero del *referee*. Poiché la maggior parte dei ricercatori cambiano ad intervalli i loro campi di interesse, in effetti le idee dei direttori sull'idoneità dei *referee* sono quasi sempre leggermente in ritardo rispetto alla realtà.

Vi è poi un altro aspetto, quello degli errori negli articoli inviati per la pubblicazione, che si riflette nel procedimento di *refereeing* — esso riguarda la misura in cui i *referee* sono in grado di scoprire errori veri. È chiaro che una parte del materiale scorretto passa senza essere scoperta dai *referee*, poiché un esame approfondito di certi articoli richiederebbe giorni e non ore di impegno, da parte del *referee*. Comunque, finché l'errore si trova di fatto nell'articolo, la sua presenza è raramente disastrosa. Chiunque tentasse in seguito di usare accuratamente l'articolo troverebbe probabilmente gli errori di rilievo. Molto più importanti sono gli errori che non possono essere scoperti direttamente. Questi rientrano in due categorie. In primo luogo, il tentativo di un autore

di scrivere un articolo presentando certi risultati nella luce più favorevole, può portare alla soppressione o alla distorsione di una parte dei risultati. In secondo luogo, l'interpretazione da parte di un autore-autrice dei suoi risultati può essere distorta dalle proprie aspettative teoriche. Può essere molto difficile per un *referee* scoprire questi fattori. Un'analisi dei dati originali riportati in una serie di articoli di psicologia ha mostrato ad esempio che, in tre dei sette articoli, si interpretavano scorrettamente i dati[8]. Ciò non poteva essere scoperto dai *referee*. Si potrebbe similmente citare il caso recente di una serie di articoli di biochimica, basati su dati di ricerca spuri; articoli tutti pubblicati su riviste che disponevano di un buon *refereeing*. Questo ha il limite fondamentale di considerare solo il prodotto finale; ma quest'ultimo dipende dall'abilità di presentazione degli autori oltre che dal valore intrinseco dei risultati della ricerca.

Non è affatto facile stabilire l'attendibilità dei giudizi di *refereeing*; ciò può infatti dipendere dai giudizi di valore di chi si impegna in questo compito. Un modo ragionevole di affrontare il problema è comunque quello di esaminare l'incidenza del disaccordo fra due *referee*, quando lo stesso articolo venga sottoposto a due o più di essi. Il caso estremo di disaccordo — raccomandazione di respingere l'articolo da parte di un *referee* e raccomandazione di accettarlo da parte dell'altro — è relativamente facile da misurarsi; e alcuni dati sono disponibili nel caso di riviste degli Stati Uniti. L'accordo tra i *referee* è buono per la fisica; raccomandazioni opposte furono fatte solo nel 3 per cento delle coppie di rapporti presi in esame[9]. D'altro lato, il disaccordo è molto più pronunciato per gli articoli di biomedicina, verificandosi nel 25 per cento dei casi studiati[10]. Quest'ultima proporzione è abbastanza alta da sollevare seri interrogativi sull'obbiettività del *refereeing* nelle materie biomediche.

Anche quando i *referee* si trovano d'accordo nei loro giudizi su un articolo, può darsi che le loro opinioni non siano condivise dalla comunità scientifica in genere. Un recente studio statunitense sul *refereeing* degli articoli di chimica indica che ciò può a volte effettivamente accadere. Questo studio confrontava la valutazione degli articoli da parte dei *referee* con le valutazioni successive dei lettori, risultanti specialmente dal numero delle citazioni e da pareri competenti. La conclusione principale era espressa nei termini seguenti: « I nostri risultati non sono favorevoli ai *referee*... Si è trovata una relazione significativa, ma tale da indicare che gli articoli che risultavano più citati avevano ricevuto dai *referee* valutazioni inferiori a quelle date ad articoli che furono citati meno frequentemente »[11]. Generalizzando questo punto, possiamo dire che gli articoli più originali e penetranti, nel caso che suscitino reazioni, tendono ad essere citati più ampiamente. Per lo stesso motivo, comunque, è più probabile che i *referee* considerino con avversione questi articoli piuttosto che, ad esempio, articoli che riportano semplici risultati sperimentali. Risulta in sostanza che gli articoli ai quali verrà attribuito successivamente maggior significato scientifico, possono andare incontro inizialmente a seri problemi di *refereeing*. Come esempio fra i tanti, possiamo ricordare che almeno tre contributi teorici fondamentali in fisica nucleare, negli anni prima della seconda guerra mondiale, sembra siano stati inizialmente respinti dai *referee*[12]. Sembra anche che gli articoli originali siano particolarmente esposti alla critica dei *referee*, col pretesto che in essi non si ha un riconoscimento adeguato della ricerca precedente. Un caso tipico in cui si sviluppa un contrasto è quando un *referee* insiste affinché sia citato nell'articolo un lavoro già nella letteratura (spesso prodotto da lui stesso o dai suoi collaboratori), mentre l'autore ritiene che questo lavoro sia abbastanza irrilevante rispetto ai propri risultati. Qui possiamo di nuovo citare la ricerca menzionata precedentemente sugli articoli di chimica negli Stati Uniti: « In un caso, un *referee* si spinse fino ad accusare gli autori di plagio. In qualche altro caso,

le accuse erano espresse in termini meno recisi, affermando, ad esempio, che gli autori non avevano ammesso o citato le vere fonti delle loro idee ».

Se in questo caso l'opera non citata è del *referee*, questi è chiaramente in una posizione di vantaggio nell'imporre la sua opinione. Qui l'obiezione perfettamente legittima può sfumare talvolta nell'illecito. Più in generale, gli abusi nel *refereeing*, nelle rare occasioni in cui si verificano, consistono fondamentalmente nel ritardare o bloccare la pubblicazione di un articolo per motivi personali. Non sorprende molto che a questo proposito vi siano poche testimonianze, ma possiamo citare la seguente.

« Un *referee*... ha causato un ritardo di oltre un anno nella pubblicazione di quest'articolo, richiedendo prima la revisione prescritta e poi una revisione delle revisioni da lui prescritte. Nel frattempo egli aveva pubblicato un articolo che toglieva in parte incisività al nostro lavoro »[13].

Tali fatti, anche se poco frequenti, introducono un'inevitabile nota di sospetto nel processo di *refereeing*. Ciò è aggravato dalla consuetudine all'anonimità della maggior parte dei commenti del *refereeing* — cosa che è stata duramente attaccata da numerosi autori in anni recenti. Di conseguenza, gli autori sono sempre inclini a sospettare che i commenti dei *referee* non siano del tutto disinteressati.

MODIFICAZIONI AL SISTEMA DEL 'REFEREEING' - IV

Abbiamo esaminato due critiche al sistema del *refereeing*, come esso è correntemente realizzato, cioè che esso è costoso in termini di tempo e di denaro e che la sua attendibilità è dubbia. Vale comunque la pena di notare che l'impiego di *referee* non è affatto esteso a tutte le riviste scientifiche. Così, una inchiesta su 156 riviste scientifiche, pubblicate in 13 diversi paesi negli anni '60, ha mostrato che solo il 70 per cento circa di esse impiegava *referee*[14]. Il fatto che riviste non impieghino *referee* è di solito considerato poco importante, pensando che quelle riviste sopravvivono sfruttando le buone abitudini indotte negli autori dalle riviste che impiegano *referee*. Questa sembra essere una razionalizzazione *post hoc*, che ben poco considera i fattori che ugualmente valgono nelle riviste con e senza *referee*. In primo luogo, il materiale in arrivo è sempre controllato da un direttore. Una parte non trascurabile (sin forse la metà) degli articoli respinti non giunge mai a un *referee*, poiché quegli articoli sono immediatamente rifiutati dal direttore. In secondo luogo, i ricercatori scientifici hanno imparato, qualsiasi sia la loro esperienza, a controllare la presentazione dei loro lavori, in modo da non rischiare la reputazione scientifica che essi si sono guadagnata. In terzo luogo, i contributi, specialmente quelli delle nuove reclute della ricerca, sono spesso controllati in qualche modo (ad esempio, da un *supervisor*, o attraverso la presentazione a un seminario) prima di essere presentati per la normale pubblicazione. Fattori come questi suggeriscono che sarebbe possibile plasmare il processo di *refereeing*, senza provocare effetti disastrosi sullo sviluppo della ricerca. Possiamo iniziare facendo notare che di solito i direttori rifiutano articoli che sono chiaramente non qualificanti. Essi inviano poi gli altri affinché siano valutati da persone che essi giudicano esperte nei particolari argomenti in questione. Comunque, ci sono buoni motivi per supporre che le opinioni sull'accettabilità di un articolo scientifico non dipendano molto dal fatto che chi valuta sia un esperto nel campo specifico piuttosto che in quello generale[15]. Perciò il direttore di una rivista scientifica può non essere in grado di fare, a proposito di un articolo, gli stessi commenti dettagliati che saprebbe fare un *referee* esterno opportunamente scelto, ma è probabile che il primo arrivi alla stessa conclusione del secondo per quanto riguarda l'accettabilità per la pubblicazione. Al fine di selezionare materiale da ciò che arriva a una rivista, un consiglio direttivo con pochi membri può essere quasi altrettanto efficiente di un complesso sistema di *refereeing*. Il ricorso a un tale consiglio per quasi tutto il lavoro di *refereeing* può uni-

ficare e accelerare il procedimento; e può anche ovviare ad alcune delle obiezioni ai *referee* anonimi (poiché la composizione di tali consigli di solito viene resa nota). È chiaro che i membri di tale consiglio lavorerebbero molto di più di una cerchia più ampia di *referee*. Ma, fintantoché il giudizio principale resta quello dell'accettabilità, il tempo richiesto per considerare ciascun articolo dovrebbe essere minore di quello usualmente richiesto; è l'esigenza di fare commenti dettagliati sui contenuti che di solito assorbe il tempo di un *referee*. Nello stesso tempo, verrebbero rilevati lo stile della presentazione e i difetti maggiori, mentre i difetti minori potrebbero facilmente passare inosservati. Tenendo presenti i difetti correnti del processo di *refereeing*, non è evidente che questo sia un problema troppo serio, specialmente se ci si ricorda del numero limitato di persone che leggono realmente in dettaglio un qualsiasi articolo pubblicato. (Il numero dei lettori di un qualsiasi articolo scientifico è di stima molto incerta, ma probabilmente l'articolo medio è letto completamente da meno di dieci persone). In ogni caso, questo inconveniente può essere compensato dalla rapidità di valutazione possibile in un consiglio direttivo, e dalla maggiore coerenza delle decisioni di un piccolo gruppo di persone.

Un'obiezione più seria a queste considerazioni sul *refereeing* è che essa elimina l'interazione nella comunità scientifica — per gli autori l'effetto di retroazione sulla qualità del loro lavoro è minore, i giovani ricercatori hanno minori possibilità di coinvolgimento nel processo di valutazione e gli autori criticati hanno minori possibilità di correzione. Nessuno di questi problemi è insolubile; ad esempio, i lavori degli autori criticati possono essere sottoposti a *referee* esterni dietro pagamento di un compenso. L'obiezione importante può essere che in futuro si richiedano cambiamenti più fondamentali, poiché la rivista tradizionale può essa stessa cambiare e far precipitare così un cambiamento inevitabile nel processo di *refereeing*.

L'introduzione delle pubblicazioni sinottiche ha già sollevato problemi riguardanti gli attuali sistemi di *refereeing* — in particolare riguardanti la loro rapidità. Il passaggio graduale a riviste elettroniche solleva problemi molto più fondamentali; ad esempio, esso rende possibile a tutto il gruppo di lettori di una rivista di agire da commissione di *refereeing*. Può darsi che nei prossimi decenni i mutamenti nella natura della pubblicazione richiedano un riassetto completo delle modalità e dei motivi per cui si compie il *refereeing*.

A. J. M.

BIBLIOGRAFIA E NOTE

1 J. ZIMAN, *Public Knowledge*, Cambridge University Press, 1968, p. 111.

2 M. J. MULKAY and A. T. WILLIAMS, A sociological study of a physics department, *British Journ. Sociol.*, 22 (1971), pp. 68-82.

3 Uno studio dettagliato delle procedure di *refereeing* nel Regno Unito sta attualmente per essere completato da M. D. GORDON e dal presente autore, nell'Università di Leicester (1971).

4 H. RODMAN, The moral responsibility of journal editors and referees, *American Sociol.*, 5 (1970), pp. 351-7.

5 A. J. MEADOWS, *Communication in Science*, Butterworths, London, 1974, p. 138.

6 Ad esempio, nell'inchiesta menzionata nella precedente nota 3 si è trovata una certa differenziazione nelle istituzioni.
I dati sono presentati da M. D. GORDON, Refereeing reconsidered; an evaluation of unwitting bias in scientific evaluation, in *Proceeding of the Frist World Conference of Scientific Editors*, Jerusalem, 1977.

7 D. F. HORROBIN, Referees and research administrators; barriers to scientific research?, *British Medical Journ.*, 2 (1974), pp. 216-8.

8 L. WOLINS, Responsibility for raw data, *American Psychol.*, 17 (1962), pp. 657-8.

9 H. ZUCKERMAN and R. K. MERTON, Patterns of evaluation in science; institutionalisation, structure and functions of the referee system, *Minerva*, 9 (1971), pp. 66-100.

10 R. H. ORR and J. KASSAB, Peer group judgement on scientific merit; editorial refereeing, presentato al Congress of the International Federation for Documentation, Washington D. C., 15 ottobre 1965.

11 H. G. SMALL, *Characteristics of frequently cited papers in chemistry*, Rapporto NSF - C795 (1973) della National Science Foundation.

12 C. WEINER (ed.), *Exploring the history of nuclear physics*, American Institute of Physics, New York, 1972.

13 R. D. WRIGHT, Truth and its Keepers, *New Scientist*, 45 (1970), pp. 402-3.

14 H. ZUCKERMAN and R. K. MERTON, *Op. cit.*

15 E. O. SMIGEL and H. L. ROSS, Factors in the editorials decisions, *American Sociol.*, 5 (1970), pp. 19-21.

Alessandro Volta nella storia della fisica

Discorso tenuto nell'ambito delle manifestazioni per l'Anno Voltiano
Pavia, 28 Marzo 1977

LUIGI GIULOTTO
Università di Pavia

La grande rivoluzione scientifica iniziata da Galileo aveva interessato dapprima specialmente la meccanica e l'astronomia. L'elettrologia ai tempi del Volta, cioè circa due secoli dopo Galileo, stava ancora muovendo i primi passi. Questa scienza, pure tanto antica, le cui origini si possono far risalire all'osservazione di Talete sull'ambra strofinata che attira piccoli oggetti, attendeva ancora la scoperta della pila per incominciare a percorrere, in un periodo relativamente breve, le successive tappe fino al suo attuale progresso.

Il ben diverso grado di sviluppo raggiunto verso la fine del Settecento dalla meccanica classica e dall'astronomia nei confronti dell'elettrologia ci appare con tutta evidenza se teniamo presente che contemporanei di Volta erano Lagrange e Laplace. Volta incontra questi due illustri scienziati, insieme ad altri, durante le famose sedute dell'Istituto Nazionale di Francia del novembre 1801. In quelle tornate, alle quali interviene anche Napoleone, Volta mostra vari interessanti esperimenti eseguiti con la sua pila di recente invenzione. Lagrange a quell'epoca aveva già pubblicato da vari anni il suo famoso trattato *Mécanique Analytique* quasi a coronamento d'una scienza che aveva ormai raggiunto un alto grado di perfezione formale. L'elettrologia, grazie alla scoperta voltiana, iniziava allora il suo nuovo corso.

Volta aveva già annunciato la scoperta della pila con la sua famosa lettera inviata a sir Joseph Banks, presidente della Royal Society di Londra, datata 20 marzo 1800 ed intitolata « *On the Electricity excited by the mere contact of conducting substances of different kinds* »[1]. Alcuni mesi dopo Nicholson e Carlisle scoprono il fenomeno della decomposizione dell'acqua per mezzo della corrente elettrica fornita da una pila. Ma Volta stesso dichiarerà, in una lettera inviata a Landriani[2] datata 22 settembre 1800, d'essere egli stesso già arrivato non lontano da quella scoperta.

Subito si comprese l'importanza delle nuove possibilità che la pila offriva con la decomposizione elettrolitica anche nel campo della chimica analitica. Parecchi scienziati se ne occuparono, fra i quali Jacquin, Landriani, Van Marum oltre allo stesso Volta. H. Davy negli anni intorno al 1808 riusciva ad isolare elettroliticamente una serie di nuovi metalli come il potassio, il sodio, il bario, lo stronzio, il calcio, il magnesio.

In un altro campo d'interesse più strettamente fisico la pila permetteva di scoprire tutta una nuova classe di fenomeni d'importanza fondamentale. Nel 1820 H. C. Oersted osservava che la corrente prodotta da una pila è in grado di far deviare un ago magnetico, dimostrando così per la prima volta l'esistenza di relazioni fra fenomeni elettrici e fenomeni magnetici. Attraverso successivi esperimenti d'Arago, Ampère e Faraday si complementerà il quadro dei fenomeni elettromagnetici, le cui leggi troveranno nel 1865, grazie a Maxwell, la loro più generale espressione formale. Successivamente altre scoperte estenderanno il fronte della fisica. Le connessioni con la pila, come strumento pratico di ricerca, diventeranno, per alcuni campi d'indagine, più remote e più indirette. Anche oggi tuttavia la pila nelle varie modificazioni che essa ha subito, viene largamente impiegata, come è ben noto, sia a scopi di ricerca che a scopi pratici. Ma appare importante soprattutto il ruolo che la scoperta di Volta ebbe nell'aprire la strada alla moderna indagine fisica ed all'attuale sviluppo tecnologico, anticipando tale sviluppo probabilmente d'alcuni anni se non di decenni. Non si vede infatti come l'elettrologia, partendo dallo stadio primitivo nel quale ancora si trovava verso la fine del Settecento, sarebbe potuta progredire altrettanto rapidamente senza passare attraverso la pila.

Per poter valutare nella giusta misura il grande passo che Volta fece compiere alle scienze elettriche, occorre tener presente che, prima della scoperta della pila, quelli che allora venivano chiamati fisici elettrizzanti si erano occupati, come Franklin, prevalentemente di elettricità atmosferica o avevano prodotto elettricità col mezzo meccanico dello strofinio, cioè con lo stesso mezzo conosciuto fin dagli antichi tempi. Vari tipi di pendolini elettrici erano stati inventati per meglio osservare gli ormai ben noti fenomeni d'attrazione e repulsione e d'influenza reciproca fra corpi elettrizzati. Solo verso il 1750 incominciano a comparire, negli esperimenti di alcuni fisici elettrizzanti, degli elettrometri ancora alquanto rudimentali costituiti da elettroscopi muniti di scala graduata.

Un notevole progresso rispetto alle primitive macchine a strofinio ha rappresentato l'"elettroforo perpetuo' realizzato dal Volta nel 1775[3]. Esso costituiva in embrione la prima macchina elettrostatica ad induzione. Ma anche l'elettroforo di Volta richiedeva una produzione iniziale di elettricità per strofinio.

Per quanto riguarda poi l'interpretazione teorica dei fatti sperimentali osservati, le idee che si avevano ai tempi di Volta erano ancora piuttosto incerte e talvolta anche confuse e contradditorie.

Volta, specialmente nel periodo del suo esordio fra i fisici elettrizzanti, non fu completamente esente, né poteva esserlo, dalle concezioni d'allora, compresa qualcuna che oggi può sembrarci alquanto fantasiosa. Ben presto però dimostrò di avere idee proprie su molte questioni controverse.

Col progredire dei suoi studi e dei suoi esperimenti, Volta avrà rapporti epistolari ed incontri sempre più frequenti con i maggiori scienziati del

suo tempo. Scienziato moderno anche per questo suo continuo desiderio di comunicare e di discutere con altri i risultati delle sue ricerche, Volta dimostra tuttavia in più occasioni una spiccata personalità scientifica, sapendo portare, in forma sempre molto garbata, i più validi argomenti a sostegno dei risultati conseguiti e della sua interpretazione dei fenomeni. Solo l'attività scientifica del Volta e le sue originali realizzazioni prima della scoperta della pila sarebbero sufficienti a stabilire la fama d'uno scienziato. Limitandoci per ora al campo dell'elettrologia, già si è accennato all'invenzione dell'elettroforo perpetuo, che suscitò grande interesse fra i fisici ed anche qualche polemica. Ancora prima della grande scoperta vediamo Volta impegnato in una serie di esperimenti, a conclusione dei quali, pur disponendo del solo elettrometro come strumento di misura, egli giunge a stabilire la relazione fra capacità, carica e tensione in un conduttore isolato.
Quella serie di esperimenti conduce inoltre Volta a realizzare un prezioso strumento di misura, chiamato elettrometro condensatore[4]. Si tratta di un semplice e geniale artificio che consente di aumentare notevolmente la sensibilità di un elettroscopio sfruttando l'aumento di tensione che si ha fra le armature di un condensatore quando le armature stesse vengono allontanate l'una dall'altra. L'elettrometro condensatore risulterà poi assai utile a Volta nei suoi esperimenti sull'elettrizzazione per contatto.
Volta, già noto per queste ed altre ricerche nel campo dell'elettrostatica, è indotto quindi dalle circostanze ad affrontare la prova che gli frutterà i più ampi riconoscimenti e lo renderà famoso in tutto il mondo.

Talvolta le grandi scoperte sono dovute all'incontro più o meno fortuito dello scienziato con un fenomeno almeno in parte inatteso; in altri casi si tratta di previsioni teoriche o di ardite anticipazioni che l'esperienza poi confermerà. Il preludio alla scoperta è una specie di attrazione irresistibile che un nuovo fenomeno osservato o un'idea alquanto rivoluzionaria esercitano sulla mente dei grandi protagonisti del progresso scientifico.
L'incontro di Volta col fenomeno nuovo fu piuttosto indiretto. Volta era professore di fisica sperimentale all'Università di Pavia ormai da parecchi anni, quando, verso la fine del 1791, riceve, tramite il collega Bassiano Carminati, una memoria di Luigi Galvani, professore di anatomia a Bologna, nella quale erano descritti strani e, alla luce di quanto allora si conosceva sull'elettrologia, poco credibili fenomeni. Volta, piuttosto scettico, spinto dai colleghi, si accinge a ripetere quegli esperimenti. Ma, secondo quanto egli dichiara, non appena incomincia ad essere testimonio oculare ed operatore egli stesso dei miracoli, passa dall'incredulità al fanatismo. Da quel momento l'attività prodigiosa del Volta, nella quale l'esperimento si alterna con la stringente argomentazione dialettica, si esplicherà senza posa fino alla scoperta della pila.
La memoria di Galvani, dal titolo *De viribus electricitatis in motu musculari commentarius*[5], riportava i risultati d'almeno 11 anni di ricerche sul

comportamento elettrofisiologico di rane scorticate ed opportunamente preparate.

I fenomeni osservati da Galvani sulle rane, anche se facilmente riproducibili, erano tuttavia di natura assai complessa. Oggi potremmo dire che essi coinvolgevano vari settori della fisica, della chimica fisica e della fisiologia.

Probabilmente una spiegazione completamente soddisfacente di tutto quanto aveva potuto osservare Galvani intorno alle rane non sarebbe possibile nemmeno al giorno d'oggi. Solo uno sperimentatore della classe di Alessandro Volta, che, guidato da un felice intuito, riduce all'essenziale le condizioni sperimentali, poteva sbrogliare quell'intricata matassa e giungere ad un'interpretazione sostanzialmente valida degli esperimenti di Galvani.

Fra i diversi e inattesi fenomeni osservati da Galvani quello che maggiormente polarizzò l'attenzione del Volta e di altri fisici e fisiologi del suo tempo è il seguente: rane scorticate e opportunamente preparate subiscono brusche contrazioni quando si stabilisce un contatto metallico fra i nervi lombari e i muscoli delle gambe.

Innanzitutto, in questo fenomeno la rana funziona solo come un elettrometro molto sensibile o è essa stessa, come supponeva Galvani, la sorgente del fluido elettrico? Volta in un primo tempo sembra accettare l'idea di Galvani. Successivamente però Volta pone particolare attenzione alla circostanza, già rilevata da Galvani, che si hanno contrazioni più robuste nelle rane usando archi bimetallici. Per di più in altri esperimenti che oggi potremmo dire d'elettrofisiologia, inventati dal Volta, come quelli che provocano il sapore acido o alcalino sulla lingua o i bagliori all'occhio, la condizione di usare archi bimetallici diventa indispensabile.

A conclusione di quegli esperimenti già verso la fine del 1793 Volta scriveva in una lettera indirizzata a Vassalli[6]: « Che pensa Ella della pretesa elettricità animale? Per me, sono convinto da un pezzo che tutta l'azione procede originariamente dai metalli combacianti un corpo umido qualunque o l'acqua stessa; in virtù del quale combaciamento viene spinto avanti il fluido elettrico in esso corpo umido od acqueo dai metalli medesimi, da quale più, da quale meno (più di tutti dallo zinco, meno quasi di tutti dall'argento); onde, indotta una comunicazione non interrotta di acconci conduttori, è tratto esso fluido in un continuo giro ».

Secondo Volta dunque lo squilibrio elettrico che provoca la corrente si determina quando metalli diversi (chiamati da Volta conduttori di prima classe) vengono posti a contatto fra loro ed il circuito viene chiuso con elettroliti (conduttori di seconda classe).

Alla posizione negativa del Volta riguardo all'ipotesi dell'elettricità animale seguì una vivace polemica con Galvani ed alcuni suoi sostenitori. Pur non volendo seguire nei particolari quella polemica, è importante tuttavia ricordare che in seguito ad essa Volta ammise che « un disquilibrio elettrico, benché in misura minore, nasce anche al contatto fra conduttori di seconda classe ».

Le idee del Volta saranno espresse successivamente in forma più chiara e più generale nella parte iniziale di una prima lettera indirizzata al prof. Gren di Halle, datata 1° agosto 1796[7] e pubblicata, con alcune varianti, su diverse riviste.

Di quella lettera mi sembra particolarmente significativo il passo seguente: « Tutte le volte che in un circuito compito di conduttori se ne trovi o uno della seconda classe interposto a due della prima differenti fra loro o reciprocamente uno della prima classe interposto a due della seconda pure differenti fra loro, in tutti, dico, questi casi si stabilirà, giusta la forza prevalente in un senso o nell'altro, una corrente elettrica, una circolazione di questo fluido da destra a sinistra o da sinistra a destra: la qual corrente non cesserà che interrompendo il circolo e, cessata, si ristabilirà tosto tutte le volte che il circolo sarà di nuovo completato ».

Ho voluto riportare con le stesse parole del Volta questi concetti, pienamente validi anche oggigiorno, perché talvolta, credo erroneamente, è stata attribuita al Volta l'opinione che solo fra metalli diversi ha origine una forza elettromotrice di contatto. Un tale modo alquanto semplicistico d'interpretare i fenomeni non è da ritenersi dunque corrispondente al pensiero del Volta, anche se egli, in successive pubblicazioni, sembra assegnare maggior peso al contatto intermetallico.

Nella citata lettera a Gren sono pure implicitamente contenute le leggi riguardanti le tensioni in catene di conduttori di prima classe, note come leggi del Volta, che saranno espresse poi più chiaramente nella memoria presentata all'Istituto Nazionale di Francia nel novembre 1801[8]. Tali leggi si possono sintetizzare nella seguente proposizione: in una catena isoterma di conduttori di prima classe la differenza di potenziale che si ha fra i metalli estremi della catena è la stessa che si avrebbe se essi venissero posti a contatto diretto.

Ma la già citata lettera a Gren è importante soprattutto perché in essa compare già abbastanza chiaramente la pila così come oggi è comunemente intesa, cioè come singolo elemento voltaico. Il passo successivo, d'importanza decisiva, consiste nel disporre in serie più elementi voltaici. Volta giungerà così alla sua definitiva scoperta realizzando la pila a colonna e la pila a corona di tazze, come sono descritte nella famosa lettera a sir Joseph Banks.

L'invenzione della pila intesa nel suo significato originale, cioè come disposizione in serie di più elementi voltaici, ebbe grande importanza anche in relazione alle polemiche con i galvaniani, che ancora perduravano. Infatti il nuovo strumento realizzato dal Volta permetteva di ottenere effetti assai vistosi ed era perciò in grado di fugare alcuni dubbi che ancora potevano sussistere intorno a certe conclusioni alle quali egli era pervenuto in base a esperimenti assai delicati che avevano richiesto un'eccezionale abilità sperimentale.

Tuttavia la polemica riguardo ad alcuni esperimenti del Volta e all'interpretazione che egli ne diede non cessò con la scoperta della pila. Superata ormai la controversia con i galvaniani, ad essa ne subentrò una

altra che, iniziata già ai tempi del Volta, si protrasse per oltre un secolo intorno a quello che solo in tempi relativamente recenti è stato generalmente riconosciuto come 'effetto Volta'.

In che cosa consiste l'effetto Volta? Consideriamo un esperimento molto semplice, che potremo chiamare esperienza fondamentale del Volta, da lui descritta come « Sperienza III » in una seconda lettera al Gren, pure datata 1° agosto 1796[9]. Due dischi A e B di metalli diversi, per esempio A di zinco e B di rame (fig. 1), sostenuti per mezzo di manici isolanti, vengono posti a contatto e quindi separati bruscamente. Posti successivamente a contatto con l'elettrometro E i due dischi risultano portare cariche sensibilmente uguali in valore assoluto e di segno opposto: il rame appare carico negativamente, lo zinco carico positivamente.

L'esperienza condotta nel modo descritto sfrutta, al fine di rendere l'effetto più facilmente osservabile, l'artificio dell'elettrometro condensatore già precedentemente ideato dal Volta. Ma l'effetto Volta può essere schematizzato molto semplicemente come in fig. 2.

Un condensatore piano è costituito da due armature A e B di metalli diversi (per esempio A di zinco e B di rame). Se le due armature sono congiunte come in figura mediante un arco formato dagli stessi metalli, nello spazio compreso fra esse si stabilisce un campo elettrico. Per effetto Volta si intende la differenza di potenziale che si stabilisce fra un punto P_A immediatamente all'esterno del metallo A ed un punto P_B immediatamente all'esterno del metallo B. Le differenze di potenziale osservate sono dell'ordine del *volt* e dipendono dalla coppia di metalli scelti.

A prima vista l'effetto Volta così descritto potrebbe sembrare in disaccordo col principio di conservazione dell'energia. È soprattutto in base a considerazioni di questo genere, non sufficientemente approfondite, che l'esistenza dell'effetto Volta è stata messa in dubbio nel corso d'una lunga polemica.

Da quando Fabroni, Davy, Wollaston, Nicholson, De La Rive ed altri avevano osservato e studiato i fenomeni chimici che accompagnano il funzionamento della pila, aveva incominciato a farsi strada l'opinione che la creazione di differenze di potenziale in sistemi voltaici fosse necessariamente legata a fenomeni chimici. In questo ordine d'idee l'esistenza d'un vero e proprio effetto Volta venne da alcuni negata e le osservate differenze di potenziale fra metalli posti a contatto vennero attribuite alla presenza di impurezze o di strati gassosi alla superficie dei metalli stessi. Questa tesi, che trovava supporto nella circostanza che effettivamente le impurezze giocano una parte importante negli esperimenti sull'effetto Volta, ebbe fra i primi sostenitori De La Rive e, in tempi più recenti, i nomi illustri di Ostwald, di Jeans e di von Laue[10]. Dell'effetto Volta si occuparono parecchi altri grossi nomi della fisica, fra i quali Faraday, Kohlrausch, Lord Kelvin, von Helmholtz, Heaviside,

Planck, Einstein, Richardson, Millikan, Bridgman, Sommerfeld, Hall, Langmuir, Bardeen. Fra gli italiani vanno ricordati Quirino Maiorana, Perucca e Corbino. Le opinioni in favore della reale esistenza dell'effetto Volta risultarono molto rafforzate in seguito ad una serie di esperimenti eseguiti da Lord Kelvin. Particolarmente convincente appare il metodo di compensazione da lui descritto nel 1898 per misurare l'effetto Volta[11].
L'interpretazione teorica dell'effetto Volta è strettamente legata al progresso delle teorie elettroniche dei metalli. Dopo la scoperta dell'elettrone, tra la fine del secolo scorso ed i primi anni di questo secolo vennero proposte le prime teorie elettroniche dei metalli, basate sull'ipotesi che le conduttività elettrica e termica sono dovute alla presenza di elettroni in grado di muoversi entro il reticolo cristallino. Gli elettroni sono ostacolati nel loro movimento dagli ioni metallici, con i quali scambiano energia.
Una prima teoria approssimata di Drude ebbe un certo successo, in quanto portava ad un accordo anche quantitativo abbastanza buono con la legge trovata sperimentalmente da Wiedemann e Franz. Questa legge afferma, come è noto, che il rapporto fra conduttività termica e conduttività elettrica è lo stesso per tutti i metalli ed è proporzionale alla temperatura assoluta.
Lorentz perfezionò la teoria di Drude applicando la statistica di Boltzmann al gas di elettroni. L'accordo con la legge di Wiedemann e Franz divenne tuttavia meno buono che con la teoria approssimata di Drude, poiché dalla teoria di Lorentz risultava un coefficiente di proporzionalità inferiore di circa il 30% a quello sperimentale.
D'altra parte la teoria di Lorentz non era di alcun aiuto per l'interpretazione dell'effetto Volta, le differenze di potenziale di contatto prevedibili in base ad essa essendo, come ordine di grandezza, un centinaio di volte più piccole di quelle sperimentali. Inoltre, come è noto, le teorie elettroniche classiche incontravano grosse difficoltà riguardo al calore specifico, poiché sperimentalmente non risultava nessun apprezzabile contributo al calore specifico dei metalli da parte del supposto gas di elettroni.
Le idee intorno all'effetto Volta incominciarono a chiarirsi dopo che vennero scoperti l'effetto termoionico e l'effetto fotoelettrico. La teoria di Richardson dell'effetto termoionico e quella di Einstein dell'effetto fotoelettrico introducevano un lavoro di estrazione degli elettroni dai metalli, che doveva potersi mettere abbastanza semplicemente in relazione con l'effetto Volta.
All'epoca del Congresso Internazionale di Fisica che ebbe luogo a Como ed a Pavia nel settembre 1927 in occasione del centenario della morte di Alessandro Volta, ancora fervevano le discussioni intorno all'effetto che dal grande Fisico comasco prese il nome. Fra le comunicazioni presentate, di importanza fondamentale per l'interpretazione dell'effetto Volta, apparve quella di Sommerfeld intitolata *Zur Elektronen Theorie der Metalle und des Volta-Effects nach der Fermi'schen Statistik*[12].

Il concetto fondamentale che ispira la teoria di Sommerfeld dell'effetto Volta è che, applicando la statistica di Fermi, risultano per il gas di elettroni all'interno di un metallo, alla temperatura ordinaria, energie cinetiche assai maggiori di quelle corrispondenti ad un gas classico, essendo il gas di elettroni, a causa della sua forte densità, quasi completamente 'degenere'. La teoria di Sommerfeld è così in grado di dare il giusto ordine di grandezza per l'effetto Volta. Dalla teoria di Sommerfeld risulta inoltre un buon accordo con la legge di Wiedemann e Franz[13].

Molto ci sarebbe ancora da dire su Alessandro Volta nella storia della fisica. Pur rimanendo nei limiti di una rapida visione della sua poderosa attività scientifica, non si possono tralasciare completamente altri fondamentali risultati conseguiti da Volta specialmente nel campo della 'pneumatica', cioè nello studio delle proprietà dei gas.
Nel 1776 Volta, studiando l''aria infiammabile delle paludi', cioè il metano, scopre alcune particolari proprietà di questo gas, che gli permettono di distinguerlo dalla già nota 'aria infiammabile metallica,' cioè dall'idrogeno[14].
Volta passa quindi ad esperimenti sistematici su miscele tonanti eseguiti con la pistola ad aria infiammabile e con l'eudiometro. Questi esperimenti lo portano nel 1777 molto vicino alla scoperta della composizione dell'acqua. Sperimentando infatti con miscele tonanti di idrogeno ed ossigeno egli trova che l'esplosione è al massimo violenta quando si mescolano due volumi del primo gas con uno del secondo[15].
Per poter individuare la natura del gas o del vapore che si forma dopo l'esplosione, Volta progetta di rifare le esperienze con un eudiometro a mercurio. Nell'attesa di poter disporre della quantità di mercurio necessaria, Volta, verso la fine del 1781, intraprende un viaggio in alcune città europee, durante il quale egli mostra a vari scienziati, fra i quali Lavoisier, i suoi esperimenti con l'eudiometro[16]. Circa due anni dopo Lavoisier e Cavendish, rifacendo più in grande esperimenti analoghi a quelli del Volta, giungono alla scoperta della composizione dell'acqua.
Ancora è da ricordare che il Volta, in seguito ad esperienze molto accurate, pubblicava nel 1793, negli *Annali di Chimica e Storia naturale* del Brugnatelli[17], una memoria con la quale enunciava la legge sulla dilatazione dei gas nota come legge di Gay-Lussac, dal nome del fisico francese che la riscoperse indipendentemente circa 10 anni dopo.

Pochi scienziati hanno lasciato una così abbondante messe di pubblicazioni e di manoscritti come Alessandro Volta e pochi hanno avuto altrettanto appassionati cultori.
Già vivente il Volta, il marchese Vincenzo Antinori, suo grande estimatore ed appassionato egli stesso di studi ed esperimenti fisici, si propone di raccogliere le 'mirabili scoperte' del Volta sparse in differenti giornali. La *Collezione delle Opere di Alessandro Volta, Patrizio Comasco,*

curata dall'Antinori, esce in tre tomi nel 1817. Essa è tuttavia molto incompleta.

In seguito vari altri studiosi del Volta si diedero a reperire ed a riordinare pubblicazioni e manoscritti, finché, nel 1918, sotto l'egida dell'Istituto Lombardo di Scienze e Lettere e dell'Accademia dei Lincei, ha inizio la pubblicazione sistematica delle *Opere di Alessandro Volta*, terminata col settimo volume nel 1929[18]. Segue la pubblicazione dei cinque volumi dell'*Epistolario* fra il 1949 ed il 1955[19], completato nel 1966 con un volume di *Aggiunte*. I tredici volumi delle *Opere*, dell'*Epistolario* e delle *Aggiunte* si estendono complessivamente per circa 6200 pagine di grosso formato.

A questa grandiosa impresa editoriale collaborarono con particolare impegno Alessandro Volta junior, nipote del grande Fisico, Aristide Fiorentino, Luigi Volta, figlio di Alessandro junior, Francesco Massardi, Cesare Morlacchi, Giovanni Polvani ed Angelo Ferretti Torricelli.

A Polvani si deve inoltre un'ampia a ben documentata biografia del Volta[20] e a Ferretti Torricelli i due volumi degli *Indici Voltiani*[21] usciti recentemente quasi ad anticipare le celebrazioni voltiane di quest'anno. Gli *Indici Voltiani* costituiscono una guida preziosa ai volumi delle *Opere* e dell'*Epistolario*. Essi offrono in ordine alfabetico, all'appassionato di studi voltiani ed allo studioso di storia delle scienze, in circa novecento pagine fittamente stampate, alcune migliaia di 'voci voltiane' che comprendono tutto quanto può riguardare il Volta, la sua attività, le vicende della sua vita, i termini scientifici usati da lui e dagli scienziati del suo tempo, i nomi di personalità del mondo scientifico, culturale e politico che furono in relazione con lui o che comunque ebbero menzione nei suoi scritti.

La lettura degli scritti voltiani non rappresenta solo una salutare evasione per chi ha la consuetudine al freddo linguaggio specialistico oggi in uso in campo scientifico. L'avere Volta raggiunto risultati di fondamentale importanza con mezzi tanto modesti dimostra quanto possono contare nel lavoro di ricerca le doti dell'intelletto e la perseveranza e costituisce per noi ancora oggi un grande insegnamento. Anche se la tecnica ha compiuto grandi progressi, anche se la raffinatezza degli strumenti di cui possiamo disporre può essere condizione determinante per la validità di un esperimento, è però ancora oggi specialmente importante la dialettica che ci guida nella ricerca sperimentale, nella quale il Volta rimane maestro insuperabile.

L. G.

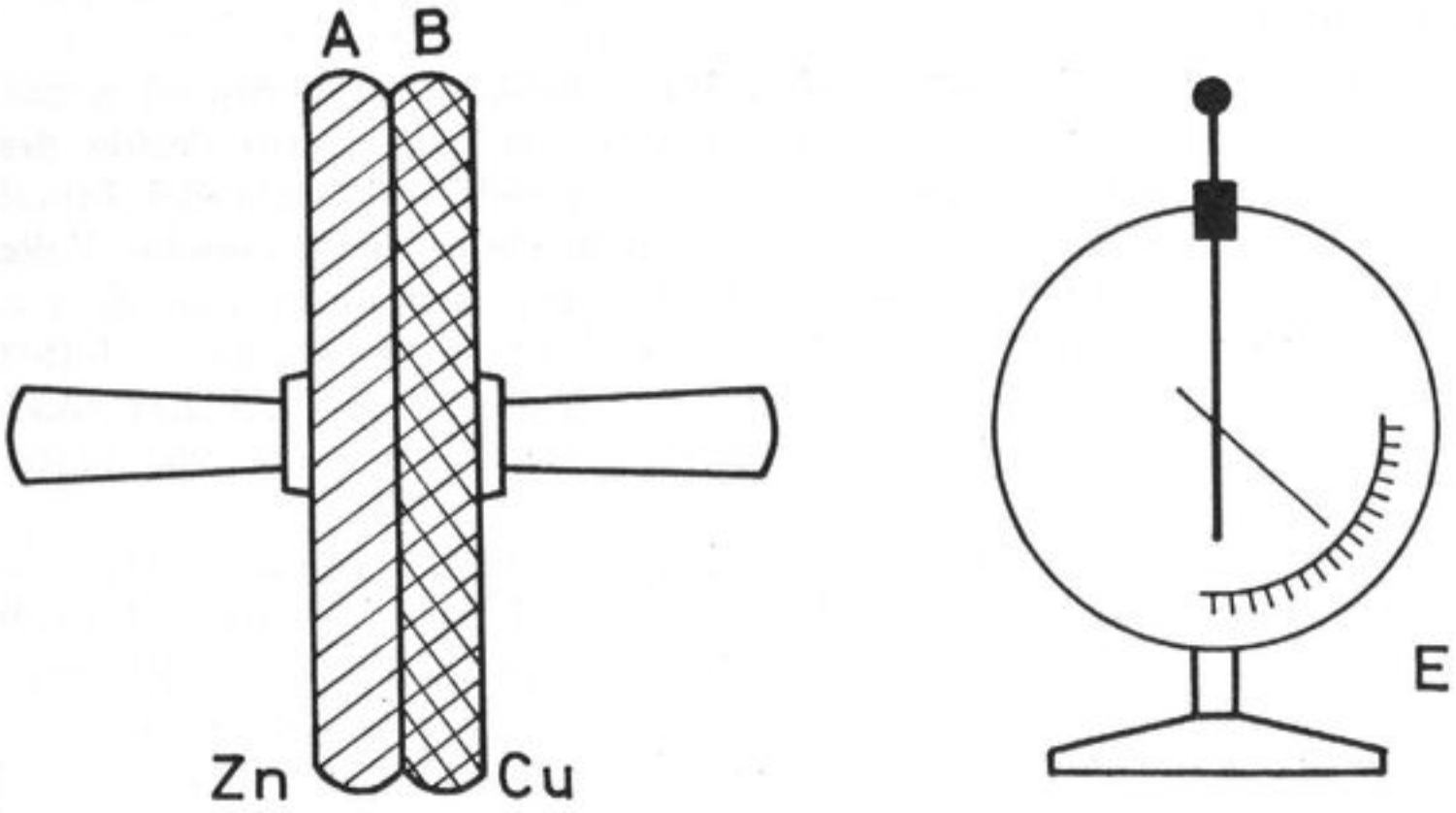


Fig. 1

Esperienza fondamentale del Volta. I due dischi *A* e *B* di metalli diversi, sostenuti da manici isolanti, vengono post a contatto e quindi allontanati. Posti successivamente a contatto con l'elettrometro *E* rivelano cariche uguali in valore assoluto e di segno opposto.

Fundamental experiment by Volta. The two discs A *and* B *of different metals, held up by insulating handles, are placed in contact and then separated. They are then placed in contact with the electrometre* E *and reveal equal charges in absolute value and of opposite sign.*

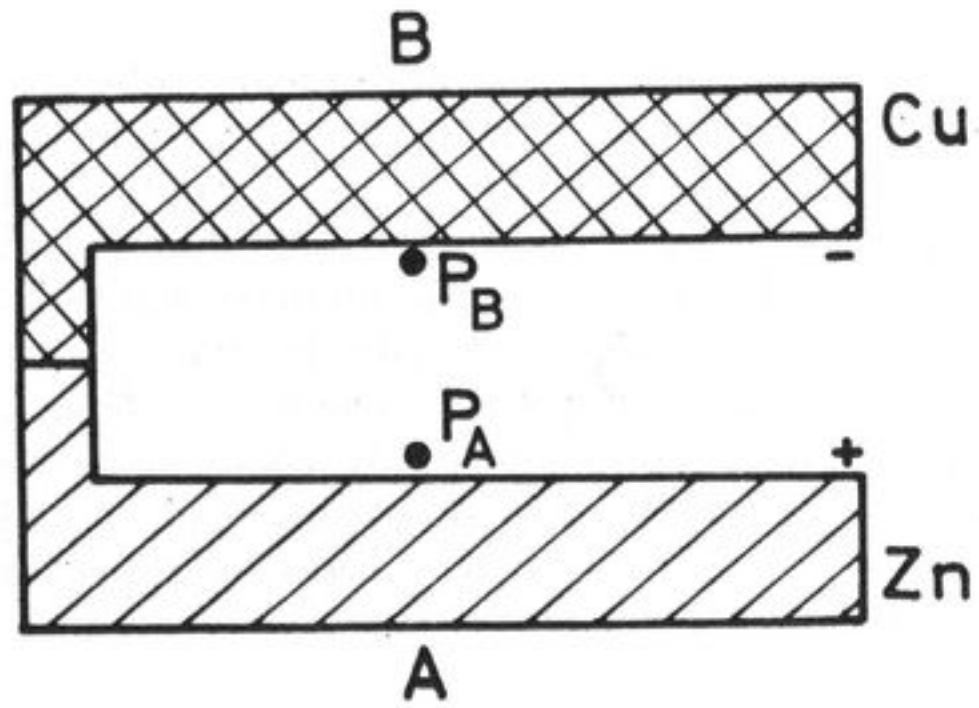


Fig. 2

Le due armature *A* e *B* di un condensatore piano sono costituite da due metalli diversi. Se le due armature sono poste in contatto metallico fra loro, nello spazio compreso fra di esse si crea un campo elettrico. L'effetto Volta è misurato dalla differenza di potenziale che si ha fra due punti P_A e P_B immediatamente all'esterno dei due metalli.

The two plates A *and* B *of a condenser are built of two different metals. If a metal contact is made between the two plates, an electical field is created in the space between them. The Volta effect is measured by the potential difference which is established between the two points* P_A *and* P_B *immediately outside the two metals.*

BIBLIOGRAFIA

1 *Opere di Volta*, Vol. I, p. 563.

2 *Opere di Volta*, Vol. II, p. 5.

3 *Opere di Volta*, Vol. III, p. 93.

4 *Opere di Volta*, Vol. III, p. 253.

5 *De Bonomiensi Scientiarum et Artium Instituto atque Academia Commentarii*, 1791, Cap. VII, pp. 363-418.

6 *Opere di Volta*, Vol. I, p. 259.

7 *Opere di Volta*, Vol. I, p. 393.

8 *Opere di Volta*, Vol. II, p. 49.

9 *Opere di Volta*, Vol. I, p. 417.

10 Sulle controversie intorno all'effetto Volta vedi, per esempio, E. WITTAKER, *A History of the Theories of Aether and Electricity*, Cap. III, London, 1951; L. H. FISHER e R. N. VARNEY, *Amer. Journ. Phys.*, 44, 464 (1976).

11 *Phil. Mag.*, 46, 82 (1898).

12 *Atti del Congresso Internazionale dei Fisici, 11-20 Settembre 1927*, Vol. II, p. 449, Bologna, 1928.

13 Sull'interpretazione dell'effetto Volta secondo la statistica di Fermi-Dirac vedi, per esempio, A. J. DEKKER, *Solid State Physics*, Chapter 9, London, 1962.

14 *Opere di Volta*, Vol. VI, pp. 20, 21, 30.

15 *Opere di Volta*, Vol. VI, p. 125 e segg. (vedi in particolare la nota a p. 129). *Ibid.*, p. 185 (vedi in particolare la nota a p. 190).

16 *Opere di Volta*, Vol. VI, pp. 410, 411.

17 *Opere di Volta*, Vol. VII, p. 345 e segg. (vedi in particolare p. 370 e segg.).

18 *Le Opere di Alessandro Volta*. Edizione Nazionale sotto gli auspici della Reale Accademia dei Lincei e del Reale Istituto Lombardo di Scienze e Lettere, in sette volumi, Milano, 1918-1929.

19 *Epistolario di Alessandro Volta*. Edizione Nazionale sotto gli auspici dell'Istituto Lombardo di Scienze e Lettere e della Società Italiana di Fisica, in cinque volumi, Bologna, 1949-1955.

20 G. POLVANI, *Alessandro Volta*, Pisa, Domus Galilaeana, 1942.

21 *Indici delle Opere e dell'Epistolario di Alessandro Volta*. Edizione Nazionale sotto gli auspici dell'Istituto Lombardo di Scienze e Lettere e della Società Italiana di Fisica, in due volumi, Milano, 1974-1976.

Alessandro Volta in the History of Physics

Paper read on the occasion of the Voltian Year Celebrations
Pavia, 28 March 1977

LUIGI GIULOTTO
Università di Pavia

At its outset the great scientific revolution which began with Galileo primarily involved the fields of mechanics and astronomy. Electrology in Volta's day, that is, about two centuries after Galileo, was still in its very infancy. This science, whose ancient origins can nevertheless be traced back to Thales's observations on amber which, when rubbed, attracts small objects, had still to await the discovery of the battery to get under way and attain, within a relatively short time, its present point of progress.

The altogether different level of development reached in classical mechanics and astronomy at the end of the eighteenth century compared with that of electrology in the same period stands out very clearly when one bears in mind that Volta's contemporaries were figures such as Lagrange and Laplace. In fact Volta meets these two illustrious scientists, along with others, during the famous meetings of the National Institute of France in November 1801. In those sessions, which witness even Napoleon's partecipation, Volta demonstrates various interesting experiments achieved with his recently invented battery. At the time Lagrange's famous treatise entitled *Mécanique Analytique*, almost the crowning point of a science which had already reached a high degree of formal perfection, had been published for several years. Electrology, thanks to Volta's discovery, was just setting out on its new course.

Volta had already announced his discovery of the battery in his famous letter to Sir Joseph Banks, president of the London Royal Society, dated 20th March 1800 and entitled « *On the Electricity Excited by the Mere Contact of Conducting Substances of Different Kinds* »[1]. A few months later Nicholson and Carlisle discover the phenomenon of the decomposition of water by means of an electric current produced by a battery. But Volta himself was to declare, in a letter sent to Landriani[2] and dated the 22nd September 1800, that he too had already arrived very close to that discovery.

The importance of the new possibilities which the battery offered with electrolithic decomposition also in the field of analytical chemistry were soon understood. Jacquin, Landriani, Van Marum and of course Volta himself were among the several scientists working on it. In and around 1808 H. Davy managed to isolate electrolithically a series of new metals such as potassium, sodium, barium, strontium, calcium and magnesium. In another field, pertaining more strictly to physics, the battery allowed the discovery of a whole new class of phenomena of fundamental importance. In 1820 H. C. Cersted noticed that the current produced by a battery is able to make a magnetic needle deviate, thus demonstrating for the first time the existence of a relationship between electrical and magnetic phenomena. Through further experiments made by Arago, Ampère and Faraday the picture of the electromagnetic phenomena was to be complemented, until 1865 when, thanks to Maxwell, the laws which govern them were given their most general formal expression.

Later, further discoveries were to extend the horizons of physics. The connections with the battery, as a practical research tool, were to become remoter and more indirect. However, still today the battery, in the various modifications it has undergone, continues to be widely used, as is well known, both for research and for practical purposes. But above all emerges the importance of the role which Volta's discovery played in opening the way for modern inquiry in physics and the present development in technology, thus probably pushing these developments forward by several years if not decades. In fact it is hard to imagine how electrology, given its primitive state at the end of the eighteenth century, could possibly have made such rapid progress if it had not been for the battery. In order to judge correctly the enormous stride forward which Volta helped the electrical sciences to make it should be remembered that, before the discovery of the battery, those who at the time were called 'electrifying physicists' had always dealt mainly with atmospheric electricity, like Franklin, or had produced electricity by means of mechanical friction, that is with the same method used back in ancient times. Various types of electrical pendula had been invented to allow better observation of the already well known phenomenon of attraction and repulsion and reciprocal influence between electrified bodies. Only towards 1750 did rudimentary versions of electrometres, made up of electroscopes equipped with graduated scales, begin to appear.

An interesting improvement was made with respect to the primitive friction machines with Volta's 'perpetual electrophore' (1755)[3]. This constituted in embryo the first electrostatic induction machine. But even Volta's electrophore required an initial production of electricity through friction. As for the theoretical interpretation of the experimental facts observed, the ideas accepted in Volta's day were still somewhat uncertain and sometimes confused and contradictory as well. Volta, particularly at the beginning of his work among the electrifying physicists, was not completely free, nor could he have been, of the conceptions of the time, including a few which nowadays may appear somewhat bizarre. In a short time, however, he was able to show that he had ideas of his own on many of the controversial questions.

As his studies and experiments progressed, Volta was to keep up correspondence and increasingly frequent meetings with the major scientists of his time. This modern outlook as a scientist, exemplified in his continuous desire to communicate and discuss the results of his research with others, was nevertheless associated with a remarkable scientific personality. Volta in fact was able to back up the results he reached along with his own interpretation of phenomena with the most valid arguments and much ease and charm.

Volta's scientific activity and his original achievements before his discovery of the battery would be sufficient by themselves to assure him fame as a scientist. Limiting ourselves for the moment to the field of electrology, mention has already been made of the invention of the perpetual electrophore, which aroused much interest as well as some polemics among physicists. Even before the great discovery Volta was carrying out a series of experiments which, once concluded, allowed him, with a mere electrometre as a measuring instrument, to establish the relationship between capacity, charge and tension in an isolated conductor.

This series of experiments led Volta to the creation of a precious measuring instrument, called the condenser electrometre[4]. This simple and ingenious device permits a considerable increase in the sensitivity of an electroscope by exploiting the rise in tension which takes place between the plates of a condenser when the plates themselves are moved apart one from the other. The condenser electrometre was then to prove most useful to Volta in his experiments on electrization by contact.

Volta, already recognized for this and other research work in the field of electro-

statics, is thus induced by circumstances to take on the proof which was to gain him still further recognition and world-wide fame.

Great discoveries are sometimes due to a more or less fortuitous encounter of the scientist with an at least partially unexpected phenomenon; in other cases they are the result of theoretical expectations or daring foresights later to be confirmed by experience. The prelude to the discovery is a sort of irresistable attraction exercised by a new phenomenon observed, or an idea which has something revolutionary about it, on the minds of the great leaders of scientific progress.

Volta's encounter with the new phenomenon was somewhat indirect. He had been professor of experimental physics at the University of Pavia for several years when, towards the end of 1791, he received, through his colleague Bassiano Carminati, a paper written by Luigi Galvani, then professor of anatomy at Bologna, in which strange and, in the light of what was then known about electrology, not altogether credible phenomena were described. Volta, somewhat sceptical but encouraged by his colleagues, set to repeating those experiments. But, as he himself declares, hardly had he begun to witness with his own eyes, and himself work such miracles, when his incredulity turned into fanaticism. From that moment onwards Volta's prodigious activity, in which experimentation alternates with tight dialectical argument, was to go forward relentlessly up till the discovery of the battery.

Galvani's note, under the title *De viribus electricitatis in motu musculari commentarius*[5], was the result of at least 11 years' research into the electrophysiological behaviour of skinned and appropriately prepared frogs.

The phenomena which he observed on frogs, even if easily reproduced, were nevertheless of a fairly complex nature. Today we would say that they involved various branches of physics, physical chemistry and physiology. It is probable that even today a completely satisfactory explanation of everything that Galvani could observe about the frogs would be impossible. Only an experimenter of Alessandro Volta's calibre, able to follow a happy intuition and reduce the experimental conditions to their essential, could follow the threads of that intricate skein and come to a substantially correct interpretation of Galvani's experiments. Among the various and unexpected phenomena observed by Galvani, the thing that most drew the attention of Volta and other physicists and physiologists of his time was the following: skinned and appropriately prepared frogs undergo sudden sharp contractions when a metallic contact is established between the lumbar nerves and the leg muscles.

In the first place, on this occasion the frog functions only as a very sensitive electrometre or is itself, as Galvani supposed, the source of the electric fluid? At the beginning Volta seems inclined to accept Galvani's idea. Later on, however, he pays particular attention to the fact, already pointed out by Galvani, that the contractions in the frogs are stronger when bimetallic compasses are used. What is more, in Volta's other experiments which today would be called electrophysiological, such as the ones in which acid or alkaline tastes are provoked on the tongue or the eye is dazzled, the use of bimetallic compasses becomes and absolute prerequisite.

Already towards the end of 1793, winding up those experiments in a letter addressed to Vassalli, Volta wrote[6]: « What is your opinion over this claimed animal electricity? For my part, I've been convinced for some time that the whole action derives in the first place from the metals which touch any damp body whatsoever, or water itself; in virtue of which contact the electric fluid in the said damp or watery body is pushed forward by the metals themselves, by some more and some less (zinc more than all the others, silver less than all the others); thence, having induced an uninterrupted communication of appropriate conductors, this fluid is made to move in continual cir-

cles ». Thus according to Volta the electrical unbalance which provokes the current takes place when different metals (which Volta calls first class conductors) are placed in contact with each other, the circuit being closed with electrolytes (second class conductors). Volta's negative position with respect to the hypothesis about animal electricity was the cause of lively polemics with Galvani and a few of his followers. This is not the place to go into this polemic in detail, however it should be mentioned that following it, Volta admitted that « an electrical unbalance, though to a lesser degree, is also produced when two second class conductors are placed in contact ».

Volta's ideas were later to be expressed in a clearer and more general form in the first part of an early letter addressed to Prof. Gren of Halle, dictated on 1st August 1796[7] and published, with a few changes, in various reviews.

In that letter the following passage seems to me to be of particular importance: « Each time that in a complete circuit of conductors a second class one is found between two first class ones different from each other, or alternatively a first class one is found between two different second class ones, in each of these cases, I say, an electric current will be established, that force which prevails in one direction or in the other, that fluid in circulation from right to left or from left to right; and this current will not cease until the circuit is interrupted, and once it has been stopped, will begin over again just as soon as the circuit is completed anew ».

I wanted to quote Volta's own words to express these concepts, still perfectly valid today, because sometimes, and I think erroneously, Volta has been attributed with the opinion that only between different metals does the contact give origin to an electromotor force. This somewhat simplistic interpretation of the phenomena could scarsely by held to correspond to Volta's thought, even if he, in later publications, seems to give greater weight to the intermetallic contacts.

In the letter to Gren quoted above the laws regarding tensions in chains of first class conductors, known as Volta's laws, are also to be found in implicit form. These were later to be expressed with greater clarity in the paper presented at the National Institute of France in 1801[8]. These laws can be synthesised in the following proposition: in an isothermic chain of first class conductors the difference in electric potential between the metals at either end of the chain is the same as it would be if they were placed in direct contact.

But the letter to Gren is of particular importance because it bears fairly clear references to the voltaic cell. The next step, of fundamental importance, consists of making use of a series of voltaic elements. Thus was Volta to come to his definitive discovery by creating the column battery and the crown of cups battery, as he described them in the famous letter to Sir Joseph Banks.

The invention of the battery, that is, as a series of voltaic cells, was also of great importance in relation to the still heated arguments with the Galvanians. In fact with Volta's new instrument fairly impressive effects could be obtained, leaving little place for doubts over certain conclusions which Volta had reached following highly delicate experiments requiring exceptional ability.

Nevertheless the polemics over certain of Volta's experiments and the interpretations he gave them did not cease to rage at the moment of the discovery of the battery. Once the controversy with the Galvanians was a thing of the past, another emerged and went on from Volta's time for more than a century; it was over what, in relatively recent times, has been recognized as the 'Volta effect'.

In what does the Volta effect consist? Let us consider a simple experiment which we will call Volta's fundamental experiment and which he describes as « *Sperienza III* » in a second letter to Gren, also dated 1st August 1796[9]. Two discs made of different

metals A and B, for example A is zinc and B is copper (fig. 1) equipped with isolating handles, are placed in contact and then separated briskly. If they are then placed in contact with the electrometre E, it is found that they carry charges which are sensibly equal in absolute value and of opposite sign; the copper is found to be negatively charged and the zinc, positively charged.

In the experiment carried out as described, the principle of the condenser electrometre is used, in order to make the effect more easily observable. But the Volta effect can easy be represented as in fig. 2.

A condenser is made up of two plates A and B in different metals (for example let A be zinc and B be copper). If the two plates are connected as in the figure, an electrical field is created in the space between the two of them. By the Volta effect is meant the difference in potential which is established between a point P_A immediately outside metal A and a point P_B immediately outside metal B. The differences in the potential observed are of the order of the volt and depend on the pair of metals chosen.

At first the Volta effect thus described might seem to be in disagreement with the principle of the conservation of energy. It is especially this sort of a consideration, that has not been looked into with sufficient thoroughness, which has kept up the polemical doubts over the existence of the Volta effect for such a long time. Since Fabroni, Davy, Wollaston, Nicholson, De La Rive and others began their observations and studies of the chemical phenomena which accompany the working of a battery, the opinion that the creation of differences in potential in voltaic systems was necessarily linked with chemical phenomena began to take roots. In this order of ideas the existence of a true and proper Volta effect was denied by some who attributed the observed differences in potential between contacting metals to the presence of impurities or gaseous layers on the surface of the metals themselves. This thesis, which was to some extent backed up by the fact that impurities do in fact play an important part in experiments on the Volta effect, was first maintained by De La Rive, and later by illustrious names such as Ostwald, Jeans and von Laue[10].

Other great names in physics dealt with the Volta effect, amongst them being Faraday, Kohlrausch, Lord Kelvin, von Helmholtz, Heaviside, Planck, Einstein, Richardson, Millikan, Bridgman, Sommerfeld, Hall, Langmuir, Bardeen. Among the Italians Quirino Maiorana, Perucca, and Corbino should be remembered. The opinions in favour of the real existence of the Volta effect were much strengthened as a result of a series of experiments carried out by Lord Kelvin. His compensation method for measuring the Volta effect, described in 1898, is particularly convincing[11].

The theoretical interpretation of the Volta effect is strictly connected with the progress made in the electronic theories of metals. After the discovery of the electron, between the end of the last century and the first years of this, the first electronic theories of metals were proposed, based on the hypothesis that electrical and thermal conductivity are due to the presence of electrons which are able to move about within the crystalline lattice. The electrons are impeded in their movement by the metallic ions with which they exchange energy.

A first approximate theory by Drude met with some success in that it offered a fairly good quantitative agreement with the law which Wiedemann and Franz found through experiments. This law states, as is well known, that the ratio between thermal conductivity and electrical conductivity is the same for all metals and is proportional to the absolute temperature. Lorentz perfected Drude's theory applying Boltzmann's statistics to the electron gas. The agreement with Wiedemann and Franz's law was less good than it was with Drude's approximated theory, however, since Lorentz's theory gave a coefficient of proportionality about 30% lower than the experimental one.

On the other hand Lorentz's theory was of

no use for the interpretation of the Volta effect, the differences of contact potential foreseeable using this theory being, in order of magnitude, a hundred times smaller than the experimental values. Furthermore, as is well known, the classical electronic theories met with great difficulties regarding the specific heat, since experimentally there did not seem to be any appreciable contribution to the specific heat of metals on the part of the supposed electron gas.

Ideas over the Volta effect began to grow clearer after the discoveries of the thermoionic effect and the photoelectric effect. Richardson's theory of the thermoionic effect and Einstein's of the photoelectric effect involved an energy needed for extracting electrones from metals, which should be easily related to the Volta effect.

Right up till the period of the International Physics Congress held in Como and in Pavia in September 1927 to celebrate the centenary of Alessandro Volta's death, heated discussions were still going on over the effect named after the great physicist of Como. Among the papers presented, there was one of fundamental importance for the interpretation of the Volta effect, written by Sommerfeld and entitled *Zur Elektronen Theorie der Metalle und des Volta-Effects nach der Fermi'schen Statistik*[12].

The basic concept behind Sommerfeld's theory of the Volta effect is that, applying Fermi's statistics, the resulting Kinetic energies from the electron gas within a metal at room temperature are substantially greater than those corresponding to a classical gas, the electron gas being, thanks to its high density, almost completely 'degenerate'. The Sommerfeld theory is thus able to give the correct order of size for the Volta effect. Moreover, Sommerfeld's theory agrees well with Wiedemann and Franz's law[13].

There could still be much to say about Alessandro Volta in the history of physics. Whilst we cannot go beyond a somewhat rapid glance at his weighty scientific activity, we feel that mention must be made of the results of certain of his other experimental work in the field of 'pneumatics', that is, in the study of the properties of gas. In 1776 Volta, studying the 'inflammable air of the marshes', that is methane, discovered certain particular properties of this gas which allowed him to distinguish it from the already identified 'inflammable metallic air', that is hydrogen[14].

Volta thus moved on to systematic experiments on explosive gas mixtures with an inflammable air pistol and his eudiometre. These experiments brought him in 1777 very close to the discovery of the composition of water. In fact, while experimenting with explosive mixtures of hydrogen and oxygen he found that the explosion is most violent when two volumes of the first gas are mixed with one of the second[15].

In order to individuate the nature of the gas or the vapour which is formed after the explosion, Volta planned to re-do the experiment with an mercury eudiometre. While he was waiting to have a sufficient quantity of mercury at his disposal, Volta, towards the end of 1781, set out to visit certain European cities; on his journeys he showed his experiments with the eudiometre to various scientists including Lavoisier[16]. Approximately two years later Lavoisier and Cavendish, re-doing experiments similar to Volta's but on a larger scale, manage to discover the composition of water.

It should also be remembered that in 1793 Volta, after extremely accurate experiments, published in Brugnatelli's *Annali di Chimica e Storia naturale*[17] a paper in which he stated the law on the expansion of gasses known as the Gay-Lussac law, after the French physicist who discovered it independently some ten years later.

Few scientists have left such a rich quantity of publications and manuscripts as Alessandro Volta; likewise few have had so many enthusiastic followers.

During Volta's own lifetime, the Marquis Vincenzo Antinori, a great admirer of Volta and himself an enthusiast of all physical studies and experiments, suggested that

Volta's 'admirable discoveries' spread about in various journals should be collected together. The *Collezione delle Opere di Alessandro Volta, Patrizio Comasco*, edited by Antinori, comes out in three volumes in 1817. Even this is nevertheless very incomplete. Later on other Volta specialists set to work on recovering and reordering both publications and manuscripts, until, in 1918, under the aegis of the Lombard Institute of Sciences and Letters and of the Lincei Academy, the systematic publication of the *Opere di Alessandro Volta* begins, to be finished with the seventh volume which comes out in 1929[18]. The five volumes of the *Epistolario* follow between 1949 and 1955[19], completed in 1966 with a volume of *Aggiunte*. The thirteen volumes comprising the *Opere*, the *Epistolario* and the *Aggiunte* amount to a total of about 6200 pages in large format.

This great editorial undertaking involved the keen collaboration of Alessandro Volta junior, nephew of the great physicist, Aristide Fiorentino, Luigi Volta, son of Alessandro junior, Francesco Massardi, Cesare Morlacchi, Giovanni Polvani and Angelo Ferretti Torricelli.

Polvani also produced an ample and well documented biography of Volta[20], and Ferretti Torricelli, the two volumes of the *Indici Voltiani*[21], published recently, as it were almost in anticipation of this year's Voltian celebrations.

The *Indici Voltiani* constitute an invaluable guide to the volumes of the *Opere* and the *Epistolario*. These offer Voltian enthusiasts and specialists in the history of science, several thousand 'Voltian terms' in nine hundred closely printed pages in alphabetical order; these include anything and everything that has to do with Volta, his work, his life, the scientific terms used by him and the scientists of his time, the names of people in the scientific, the cultural and the political worlds who in any way came into contact with him or were mentioned by him in his writings.

Reading Volta's writings is not only a welcome evasion from the cold, specialized language which we are used to having to read in science today. The fact that Volta himself was able to achieve such fundamentally important results with such modest means goes to show to what extent intellectual gifts and perseverance count in research work, and constitutes a lesson from which we can still learn much today. Even if technique has progressed enormously, even if the refinement of the instruments available to us can act as a decisive factor in the validity of an experiment, the dialectics which guide us in experimental research is still of especial importance today, and it is in this that Volta was and still is the past master.

L. G.

Translation: K. SINGLETON - MILANO

BIBLIOGRAPHY

1 *Opere di Volta*, Vol. I, p. 563.
2 *Opere di Volta*, Vol. II, p. 5.
3 *Opere di Volta*, Vol. III, p. 93.
4 *Opere di Volta*, Vol. III, p. 253.
5 *De Bonomiensi Scientiarum et Artium Instituto atque Academia Commentarii*, 1791, Cap. VII, pp. 363-418.
6 *Opere di Volta*, Vol. I, p. 259.
7 *Opere di Volta*, Vol. I, p. 393.
8 *Opere di Volta*, Vol. II, p. 49.
9 *Opere di Volta*, Vol. I, p. 417.
10 On the controversies over the Volta effect see, for example, E. WITTAKER, *A History of the Theories of Aether and Electricity*, Cap. III, London, 1951; L. H. FISHER and R. N. VARNEY, *Amer. Journ. Phys.*, 44, 464 (1976).
11 *Phil. Mag.*, 46, 82 (1898).
12 *Acts of the International Physics Congress — 11-20 September 1927*, Vol. II, p. 449, Bologna, 1928.
13 On the interpretation of the Volta effect according to the Fermi-Dirac statistics see, for example, A. J. DEKKER, *Solid State Physics*, Chapter 9, London, 1962.
14 *Opere di Volta*, Vol. VI, pp. 20, 21, 30.
15 *Opere di Volta*, Vol. VI, p. 125 and cont. (see in particular the note on page 129). *Ibid.*, p. 185 (see in particular the note on p. 190).
16 *Opere di Volta*, Vol. VI, pp. 410, 411.
17 *Opere di Volta*, Vol. VII, p. 345 and cont., (see in particular p. 370 and cont.).
18 *Le Opere di Alessandro Volta*. National Edition under the auspices of the Royal Lincei Academy and the Royal Lombard Institute of Sciences and Letters, in seven volumes, Milan, 1918-1929.
19 *Epistolario di Alessandro Volta*. National Edition under the auspices of the Lombard Institute of Science and Letters and the Italian Physics Society, in five volumes, Bologna, 1949-1955.
20 G. POLVANI, *Alessandro Volta*, Pisa, Domus Galilaeana, 1942.
21 *Indici delle Opere e dell'Epistolario di Alessandro Volta*. National Edition under the auspices of the Lombard Institute of Sciences and Letters and the Italian Physical Society, in two volumes, Milano, 1974-1976.

The Journal of Philosophy

Subscriptions at $ 10.00/year;
$ 7.00 to students
$ 16.00 to libraries and institutions

The trustees and editors of the *Journal of Philosophy* announce a change in scheduling: as of January 1977, the *Journal* will be published monthly. There will be no change in the number of pages of copy published, since the monthly issues will be equivalent to the earlier double issues, and special issues will be published when needed. No change in price is anticipated.

Complete back volumes and all separate issues of the *Journal* are available, back to its founding January 7, 1904. Also, a cumulative *Fifty-year Index, 1904-1953* and *Ten-year Supplement 1954-1963*.

720 PHILOSOPHY HALL,
COLUMBIA UNIVERSITY, NYC 10027

Revue des Questions Scientifiques

Depuis 1877, la *Revue* consacre aux grands problèmes actuels, des articles de haute vulgarisation qui, sans sacrifier l'exactitude, permettent à tout homme cultivé de s'y intéresser. Les quatre fascicules annuels comptent un peu plus de 600 pages. Elle s'adresse, au premier titre, à tous les savants qui désirent ne pas se laisser enfermer dans le domaine étroit de leur spécialisation, mais également à tous ceux qui veulent se tenir au courant des mouvements d'idées dans les recherches scientifiques.

Les *articles*, rédigés par des professeurs d'Université ou des savants voués à la recherche, traitent de tous les sujets scientifiques en insistant sur leurs aspects généraux et éventuellement sur leur portée philosophique.

Une partie importante de chaque livraison est consacrée, en outre, à l'*analyse bibliographique*. Ces critiques permettent à chacun de se faire une idée de la production scientifique, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de son propre domaine.

ABONNEMENT 900 F.B. (1977)
SOCIETÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES
61, rue de Bruxelles,
B 5000 Namur, Belgique.

ZEITSCHRIFT FÜR PHILOSOPHISCHE FORSCHUNG

1945/46 begründet von
Georgi Schischkoff
Herausgegeben von
Otfried Höffe, Duisburg

Ein Band umfasst vier Hefte
Abonnementspreis 92,- DM
Einzelheftpreis 23,- DM

Gesamtregister 1-30 24,- DM
1977 erschien Band F. 31

VERLAG ANTON HAIN
D - 6554 MEISENHEIM
Postf. 180

SCIENTIFIC WORLD

JOURNAL OF THE WORLD FEDERATION OF SCIENTIFIC WORKERS PUBLISHED QUARTERLY IN ENGLISH, FRENCH, GERMAN, RUSSIAN AND ESPERANTO

Scientists from all over the world write for this unique journal on a wide variety of subjects, including

- *science, peace and disarmament*
- *science and the developing countries*
- *the organization and planning of science*
- *problems of nuclear energy*
- *international co-operation in science*
- *the training of scientists and technologists*

IT IS PARTICULARLY CONCERNED WITH THE USE OF SCIENCE FOR THE BENEFIT OF MANKIND

Scientists and others interested are invited to write for a sample copy, or to subscribe £ 1-50p for an annual volume of 4 issues, inc. postage, indicating which language. Subscriptions may be taken out through any bookseller, or directly from:

WORLD FEDERATION OF SCIENTIFIC WORKERS
40 GOODGE STREET, LONDON, (U.K.) W1P 1FH

BOSTON UNIVERSITY

BOSTON COLLOQUIUM FOR THE PHILOSOPHY OF SCIENCE

1977 - 1978

Mario Bunge, McGill University, « The Nature of Life: Beyond Mechanism and Vitalism » (Commentators: Lynn Margulis, Boston University; Stephen J. Gould, Harvard University)	September 27, 1977
Justin Leiber, M.I.T., « Talking with Extraterrestrials: Nominalism, Conceptualism, and Realism as Degrees in Radical Translation » (Commentator: Michael Martin, Boston University)	October 4, 1977
Leszek Novak, Editor, *Poznan Studies in the Philosophy of the Sciences* (Poland), « How to Overcome Marx: A Proposal of a Marxist » (Commentator: Thomas McCarthy, Boston University)	October 11, 1977
Yves Barel, University of Social Sciences at Grenoble, « Mechanism and Structure: The Ambivalent War of Paradigms » (Commentator: Joseph Agassi, Boston University)	October 18, 1977
Nelson Goodman, Harvard University, « Notes on a New Problem of Vision » (Commentator: Marx W. Wartofsky, Boston University)	October 25, 1977
Richard M. Martin, Nortwestern University and Boston University, « And » (Commentator: Judson Webb, Boston University)	November 8, 1977
Edward MacKinnon, California State University at Hayward, « Atomic Physics: A Test for Theory Reconstruction » (Commentator: Leonard Nash, Harvard University)	November 15, 1977
Edward Nell, New School for Social Research, « The Concept of Social Reproduction » (Commentator: Eric Chester, University of Massachussetts, Boston)	November 22, 1977
Camille Limoges, University of Montreal, «The Locus of Power in Science» (Commentator: Lew Kowarski, Boston University)	November 29, 1977
Humberto Maturana, University of Santiago, « Biology of Cognition: Life As a Cognitive Process » (Commentator: Jerome Lettvin, M.I.T.)	December 6, 1977
Walter Feinberg, University of Illinois at Urbana-Champaign, « Intelligence, Intelligence Tests, and the Distribution of Knowledge » (Commentator: Ned Block, M.I.T.)	December 13, 1977
Laurens Laudan, University of Pittsburgh, « The Poverty of Empiricism, Or, Philosophy Vindicated » (Commentator: Bruce Aune, University of Massachusetts, Amherst)	January 17, 1978
Benjamin Rogers, Wichita State, « On Attributing Causes to Complex Individuals » (Commentator: Ronald Giere, Indiana University)	January 24, 1978

E. V. Walter, Boston University, « The Places of Experience » (Commentator: Erazim Kohak, Boston University)	February 7, 1978
A. I. Sabra, Harvard University, « Testing, Reform and Reaction: Three Endeavors of Arabic Astronomy »	February 14, 1978
Robert Shaw, University of Connecticut, « Symmetries and Dualities in the Foundations of Ecological Science » (Commentator: Sheldon Krimsky, Tufts University)	February, 21, 1978
Peter Machamer, University of Pittsburgh, « Descartes and his Sixteenth Century Predecessors » (Commentator: Richard Popkin, Washington University)	February 28, 1978
Philosophy of Technology: A Symposium	March 7, 1978
Don Ihde, Suny-Stony Brook, « Technology and the Transformation of Experience »	
Langdon Winner, M.I.T., « Technologies as Forms of Life »	
Howard Pattee, Suny-Binghamton, « Dynamic and Linguistic Modes of Perception: A Cognitive Basis for Complementarity » (Commentator: Paula Menyuk, Boston University)	March 14, 1978
Marsha Hanen, University of Calgary, « Evidence, Inference and the Law » (Commentator: Bernard Elevitch, Boston University)	March 28, 1978
Daniel Bell, Harvard University, « The Question of Relativism in the Social Sciences » (Commentator: Alasdair MacIntyre, Boston University)	April 4, 1978
Lev Mitrokhin, Institute of Philosophy, Academy of Sciences of the USSR, « The Marxist Concept of Religion: A Scientific and Philosophical Study » (Commentator: Robert S. Cohen, Boston University)	April 11, 1978
John J. Stachel, Boston University and Institute for Advanced Study, « Science and Ideology: Some Themes for the Recent Marxist Discussion of Science and Ideology » (Commentator: Robert S. Cohen, Boston University)	April 18, 1978
Loren Graham, Columbia University, « The World of Arthur Stanly Eddington; Science and Its Audience » (Commentator: John W. Yolton, York University)	April 25, 1978
Herbert Marcuse, University of California, San Diego, « Esthetic Rationality » (Commentator: M. W. Wartofsky, Boston University)	May 2, 1978

Boston University

111 Cummington Street
Boston, Massachusetts 02215

Department of Physics

BISOGNO, P.

Introduzione alla politica della scienza

Franco Angeli Editore, Milano, 1977
311 pp., L. 6.000

Quali sono gli elementi da giudicare necessari al fine di affrontare in modo razionale una politica della programmazione della ricerca e della scienza? È questo l'interrogativo al quale Paolo Bisogno sembra voler rispondere con un volume di carattere interdisciplinare che, come osserva Felice Ippolito in una lunga recensione pubblicata su *Le Scienze* (luglio 1977), è stato costruito facendo confluire, nei vari capitoli, stimoli, analisi e considerazioni critiche provenienti da 'innumerevoli affluenti'.
La risposta che Bisogno cerca appare fondata, in prima approssimazione, su una tesi che riguarda la natura stessa della collocazione che l'impresa scientifica ha oggi trovato nel contesto della cultura: « La crisi della scienza — osserva l'autore — non investe la scientificità, i metodi o i risultati, ma è un momento della più ampia crisi della cultura o, più esattamente, è la crisi del ruolo che la scienza svolge nella cultura ». Una simile tesi viene sviluppata analizzando la situazione del rapporto scienza-cultura alla luce di alcune scuole di pensiero, con particolari riferimenti ai filoni che si rifanno al neopositivismo e al marxismo. È innegabile, come scrive Bisogno, che il neopositivismo abbia rimesso in luce, sin dai primi anni del nostro secolo, la stretta interconnessione esistente tra la scienza e la riflessione filosofica, nel senso che non è più lecito *far filosofia* tacendo di ciò che nella scienza accade. E d'altra parte occorre ricordare come il pensiero marxista tenda, da decenni, ad elaborare un ripensamento globale dei legami che collegano la ricerca razionale sulla natura alla riflessione filosofica in generale ed alla attività pratica dell'uomo. Non certo a caso i marxisti hanno spesso denunciato la particolare situazione cultu-

What are the elements deemed necessary for the purpose of a rational approach to a science and research planning policy? This is the question Paolo Bisogno appears to set out to answer in an interdisciplinary book that, as Felice Ippolito has observed in a long review published in *Le Scienze* (July 1977), has been constructed by combining in the various chapters stimuli, analyses and critical considerations coming from 'countless tributaries'.
The answer Bisogno is seeking appears, in first approximation, to be founded on a thesis bound up with the very nature of the position occupied by scientific enterprise today within the cultural sphere: «The crisis in science», observes the writer, «does not affect scientificity, the methods or the results; it is a part of the greater crisis in culture or, to be more precise, it is the crisis of the role played by science in culture». A similar thesis is developed by analysing the situation of the science-culture relationship in the light of several schools of thought, in particular those related to logical positivism and Marxism. There is no doubt, writes Bisogno, that, right from the beginning of this century, logical positivism has shed new light on the close connection between science and philosophical reflection in the sense that it is no longer legitimate *to philosophize* without taking into account what is happening in science. It must also be remembered that, for several decades now, Marxist thought has tended to elaborate a global reappraisal of the links between rational research on nature and philosophical reflection in general and man's practical activities. It is no coincidence that Marxists have often criticised the peculiar cultural situation in which science is allowed to

rale nel cui ambito si è consentito che la scienza rinunciasse alla storia, alla filosofia e alla realtà fisica.
Una diversa collocazione della scienza in rapporto a ciò che chiamiamo cultura sembra dunque implicare due ordini di riconoscimenti: da una parte, l'impossibilità di produrre cultura in condizioni di artificiosa separazione dalla scienza; dall'altra parte, la possibilità di costruire « una nuova visione del mondo e del sapere » sulla base dell'accoglimento critico della storia della scienza, della filosofia e della realtà, nonché di ciò che « esse possono suggerire alla scienza » stessa.
Partendo da questo punto di vista non si può evitare una ridefinizione di alcuni rapporti che tanto interesse suscitano in vari settori di indagine: il rapporto scienza-cultura, così riletto, si riflette infatti sui rapporti tra scienza e società, tra scienza e tecnica, tra scienza e religione, tra scienza e politica.
Naturalmente l'impostazione di Bisogno può trovare critici fra coloro i quali temono una eccessiva scientificizzazione della politica. Ma è certo non facile criticare una impostazione che così viene schematizzata dall'autore: « L'accoglimento della scienza nella politica non come possibile strumento del potere, ma come espressione della esigenza che i rapporti fra gli uomini siano regolati, anziché dal pregiudizio o dagli immediati fini di potere, da un'intelligenza positiva e costruttiva che tenga conto della natura e dei bisogni degli uomini e veda il proprio fine in prospettiva totale, reca come conseguenza la politicizzazione della scienza ». Si è così posti di fronte alla possibilità di un orientamento globale della ricerca, al cui interno l'oggettività non venga a decadere in quanto strumento passivo della volontà politica ma si lasci riconoscere anche come elemento basilare nella edificazione del sociale: la razionalità, insomma, può costituirsi come fondamento di una programmazione della ricerca scientifica, purché la razionalità stessa venga riconosciuta come fattore comunitario.

renounce history, philosophy and physical reality.
An alternative collocation of science in relation to what we call culture thus appears to entail acknowledgments of two different kinds: on the one hand, the impossibility of producing culture in conditions of artificial separation from science; on the other, the possibility of constructing « a new conception of the world and of knowledge » through a critical acceptance of science history, philosophy and reality, as well as of all that « these can suggest to science » itself.
Setting out from this standpoint one cannot avoid redefining several relations that have aroused great interest in a number of research sectors: the relationship between science and culture, thus reinterpreted, is in fact reflected in the relations between science and society, between science and technology, between science and religion and between science and politics.
Of course Bisogno's approach may be criticised by those who fear the over-scientificalization of politics, although it is not easy to criticize an approach that is summed by the author as follows: « The acceptance of science in politics, not as an instrument of power but as the expression of the need for the relations between men to be governed not by prejudice or the immediate ends of power but by a positive and constructive intelligence that takes into account men's nature and needs and sees its own end in an overall perspective, brings in its wake the politicizing of science ».
The possibility thus arises of a global research orientation in which objectivity is not degraded to a passive tool of political power but can also be recognised as a basic element in the construction of the social; rationality can, in other words, serve as the basis for a scientific research programme provided that rationality itself is recognised as a community factor.

ENRICO BELLONE

HINTIKKA, J. (ed.)

Rudolf Carnap, Logical Empiricist, Material and Perspective

Series: Synthese Library, Vol. 73
D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 1975
LXVIII+400 pp., Dfl. 150,—

La prima frase della prefazione alla presente antologia scritta dal curatore J. Hintikka suona come segue: « Il pensiero di Carnap è già stato ampiamente riassunto e valutato nel volume della *Library of Living Philosophers* a lui dedicato. Questo volume fu pubblicato nel 1963 ma la maggior parte dei contributi fu in realtà scritta nei primi anni cinquanta o comunque prima del 1960. Da quel tempo negli ambiti di ricerca vicini agli interessi di Carnap — e nel pensiero stesso di Carnap prima della sua morte — si sono verifcati tanti avvenimenti che sembra ampiamente motivato il tentativo di valutare di nuovo la sua filosofia e di collegare il suo pensiero agli sviluppi successivi ». Si tratta certamente di una ottima intenzione dal momento che è senza dubbio di grande interesse cercare di fornire una valutazione dei più recenti lavori carnapiani. Ci sembra però che questa ottima intenzione sia purtroppo rimasta solo tale. Infatti gli articoli dell'antologia si occupano forse in modo adeguato dei lavori di Carnap precedenti gli anni cinquanta ma sono certamente del tutto inadeguati ad una valutazione, sia pure parziale, dei lavori cui Carnap si dedicò negli ultimi venti anni della sua vita e che lui stesso, come testimonia W. Stegmüller, considerava « straordinariamente importanti »: intendiamo riferirci alla logica induttiva.

Per motivare questa affermazione prendiamo le mosse da alcune citazioni tratte dall'omaggio a R. Carnap che è premesso all'antologia. Si tratta di frasi di H. Feigl, R. C. Jeffrey e del già citato Stegmüller, tutti autori che nell'ultimo periodo della vita di Carnap gli furono particolarmente vicini. Il primo afferma riferendosi alla logica induttiva: « An-

The first sentence in the present anthology written by the editor J. Hintikka are as follows: « There already exists an impressive survey and evaluation of Carnap's thought in the form of the Library of Living Philosophers volume dedicated to him. This volume appeared in 1963, but most of the contributions to it were actually written in the early or middle 'fifties. So much has happened since in several fields close to Carnap's interest — and so much happened in his own mind before his death — that it seems amply motivated to attempt to re-evaluate his philosophy and relate his thought to subsequent developments ». This is certainly an excellent intention as there is no doubt much to be gained by providing an evaluation of the more recent Carnapian work. However, this seems to have remained merely a good intention, as the articles in the anthology perhaps give satisfactory treatment to Carnap's work before the 'fifties but are definitely insufficient even for a partial evaluation of Carnap's work during the last twenty years of his life which he himself, as W. Stegmüller reports, considered « extraordinarily important », that is to say, his work on inductive logic.

Justification for this statement can be found in a few quotations taken from the homage paid to R. Carnap in the introduction to the anthology. These are taken from H. Feigl, R. C. Jeffrey and, as mentioned above, Stegmüller, i.e. writers who were all particularly close to Carnap in the latter period of his life. The first of these writes, in connection with inductive logic, that: « Even if his (still highly controversial) contributions to this field of thought will eventually be

che se i suoi (ancora altamente controversi) contributi a questo ambito di pensiero potranno eventualmente essere inficiati e superati da approcci diversi (alcuni già esistenti) non vi può essere alcun dubbio sulla loro grande importanza. Se Carnap ha fallito (e non dico che sia così) nella sua ambiziosa impresa (di più di 30 anni), ha fallito tanto nobilmente come fece (se posso usare una analogia molto lontana) Einstein con la sua teoria unificata del campo ». Il secondo riferendosi a Carnap aggiunge: « Io l'ho conosciuto durante i suoi ultimi venticinque anni — il periodo che lui ha dedicato in modo primario alla logica induttiva — ... ». Ed il terzo infine: « Nei suoi ultimi 15 anni, Carnap si dedicò esclusivamente alla costruzione della sua logica induttiva ».

Orbene meno di un quarto della spazio dell'antologia è dedicato alla logica induttiva carnapiana e, per di più, questo spazio così angusto ci sembra decisamente male impiegato. Il primo degli articoli dedicati alla logica induttiva è costituito da note dello stesso Carnap formulate in occasione di due semestri — quello autunnale del 1955 e quello primaverile del 1960 — per un corso di filosofia tenuto all'Università di California. Si tratta quindi di lavori anteriori la pubblicazione del volume della *Library of Living Philosophers* a lui dedicato. Gli altri articoli, ad eccezione di uno, si occupano di aspetti secondari della logica induttiva carnapiana. Come abbiamo appena detto, un solo articolo è propriamente dedicato a quella che C. G. Hempel nell'articolo che apre l'antologia, articolo che ha fornito il titolo dell'antologia stessa, definisce come « il più ampio e rigoroso sistema di logica induttiva finora elaborato ». Si tratta del lavoro di R. Hilpinen, *Carnap's New System of Inductive Logic.*

Purtroppo però questo articolo è un semplice riassunto degli ultimi lavori di Carnap. Si tratta di lavori da tempo noti, almeno in versione ufficiosa, e proprio non si capisce l'utilità di riassumerli dal momento che allo studioso seriamente interessato a questi problemi non potrà certamente bastare la lettura di un riassunto ma, a ragione della

displaced by different approaches (some already in existence) there can be no question as to their great importance. If Carnap failed in this ambitious (and I don't say he did) enterprise (of more than 30 years) he failed so nobly as did (if I may mention a very distant analogy) Einstein with his Unified Field Theory ». The second adds: « I knew him during his last twenty-five years — the period which he devoted primarily to inductive logic — ... ». The third writes: « In his last 15 years, Carnap dedicated himself exclusively to the construction of his inductive logic ».

Nevertheless, less than one quarter of the space in the anthology is devoted to Carnap's inductive logic and, what is more, even this small amount of space decidedly seems to have been badly used. The first of the articles on inductive logic consists of notes by Carnap himself written on the occasion of two semesters — the fall semester 1955 and the spring semester 1960 — for a graduate course in Philosophy at the University of California. These works are thus prior to the publication of the Library of Living Philosophers volume dedicated to him. All the other articles except one are on secondary aspects of Carnap's inductive logic. As mentioned eralier only one article is actually on what C. G. Hempel, in the opening article of the anthology which gives it its title, defines as « the most comprehensive and rigorous system of inductive logic yet devised ». The article in question is R. Hilpinen's *Carnap's New System of Inductive Logic.*

Unfortunately this article is merely a summary of Carnap's last works, which had been known for some time, at least in their non-official version. It is thus hard to understand why it was thought necessary to summarize them as anyone seriously interested in these problems would certainly find the summary insufficient in view of the complexity of the problems and the results obtained and would have to read the works themselves carefully and ponder over

profondità dei problemi trattati e dei risultati raggiunti, dovrà leggersi molto attentamente e meditarsi a lungo i lavori suddetti. Tanto più che il riassunto di Hilpinen è in parte incompleto: ad esempio, non si fa alcun cenno alla differente portata della λ-condizione nel caso di famiglie con due sole proprietà e di famiglie con almeno tre proprietà. A questo riassunto sono qua e là aggiunti commenti e qualche critica che per altro non ci sembrano particolarmente interessanti.

A nostro parere, la ragione di questo evidente squilibrio deve essere cercata nel fatto che la logica induttiva, grazie ai fondamentali lavori di Carnap, ha cessato di essere una disciplina filosofica ed è diventata, per usare un aggettivo di Hempel, una rigorosa disciplina scientifica. Non è quindi più possibile affrontarla privi di un adeguato bagaglio tecnico, in particolare di una adeguata conoscenza della statistica induttiva (matematica) e della teoria delle probabilità. Gli articoli dell'antologia hanno invece un taglio filosofico e pertanto si precludono ogni possibilità di valutare i risultati e le prospettive della logica induttiva carnapiana.

Non ci sembra però che tutto ciò possa in alcun modo costituire una giustificazione poiché, presentandosi l'antologia come un tentativo di valutare i lavori dell'ultimo periodo della vita di Carnap, fornisce di questi, cioè della sua logica induttiva, una visione distorta e riduttiva. E ciò ci sembra particolarmente grave poiché la logica induttiva carnapiana costituisce senza alcun dubbio il più grande contributo che mai sia stato dato alla problematica legata alle inferenze induttive.

them at length. In addition, Hilpinen's summary is incomplete, e.g. no mention is made of the different significance of the λ-principle in the case of families with only two properties and those with at least three properties. The summary also contains comments and a few criticisms that do not appear to be of any particular interest.

In our opinion, the reason for this obvious imbalance lies in the fact that, thanks to Carnap's fundamental work, inductive logic has ceased to be a philosophic discipline and has become, to use one of Hempel's adjectives, a rigorous scientific discipline. It can no longer be approached without an adequate scientific background, particularly a satisfactory knowledge of (mathematical) inductive statistics and of probability theory. The articles in the anthology have a philosophic set and are thus deprived of any possibility of evaluating the results and perspectives of Carnapian inductive logic.

However, this cannot be used a justification as, since it sets out to evaluate the work of the latter period of Carnap's life, it gives an idea of the latter, i.e. of inductive logic, which is distorted and reductive. This is a very serious matter as Carnap's inductive logic is without doubt the greatest contribution ever made to the problem of inductive inferences.

DOMENICO COSTANTINI

HOOKER, C. A. (ed.)

Contemporary Research in the Foundations and Philosophy of Quantum Theory

Series: The University of Western Ontario Series in Philosophy of Science, Vol. 2
D. Reidel Publishing Company Dordrecht, 1973
xx + 386 pp., tables, Dfl. 105,—

L'ambiziosa idea d'una conferenza che mettesse insieme fisici, matematici e filosofi, capaci di capirsi sugli stimolanti problemi posti dalla teoria quantistica, è la genesi di questo libro, che costituisce appunto la raccolta dei principali contributi a tale conferenza (tenutasi alla University of Western Ontario, London, Canada). Il libro non ha pretesa di completezza nei riguardi degli studi recenti (il riferimento è al 1973) riconducibili al suo titolo: esso è, piuttosto, concentrato sulla caratterizzazione dei fondamenti matematici della teoria quantistica e sulla loro rilevanza fisica e filosofica. Il cosiddetto approccio logico-algebrico alla meccanica quantistica è tenuto particolarmente presente.
Sono undici gli autori dei contributi raccolti nel libro: J. Bub, L. Cohen, B. C. Van Fraassen, E. Gerjuoy, R. J. Greechie, S. P. Gudder, C. A. Hooker, A. Komar, F. D. Peat, M. Sachs, E. P. Wigner; e, rispetto alle loro qualificazioni ufficiali, tre sono matematici, sette fisici e quattro filosofi. Questi rapporti numerici danno anche un'idea del 'taglio' dell'opera. Essa è primariamente rivolta ai ricercatori del settore, ma può essere affrontata ed apprezzata anche dai non professionisti purché un poco indirizzati sulle non semplici tematiche trattate.

Passando ad un esame più specifico dei contenuti del libro, occorre innanzi tutto segnalare l'ampio spazio riservato a ciò che va comunemente sotto il nome di 'logica quantistica'. Si tratta d'una disciplina la cui data di nascita è unanimemente indicata nel 1936, anno di pubblicazione

The ambitious idea of a conference gathering together physicists, mathematicians and philosophers capable of understanding each other regarding the stimulating problems raised by quantum theory forms the kernel round which this book was written, i.e. it is the collection of the main contributions at this conference (held at the University of Western Ontario, London, Canada). The book lays no claim to completeness concerning recent sudies (the reference is to 1973) suggested by its title. It rather concentrates on the characterization of the mathematical basis of the quantum theory and the physical and philosophic significance of this basis. The so-called logico-algebraic approach to quantum mechanics is particularly considered.
Eleven workers have made contributions to the book: J. Bub, L. Cohen, B. C. Van Fraassen, E. Gerjuoy, R. J. Greechie, S. P. Gudder, C. A. Hooker, A. Komar, F. D. Peat, M. Sachs, E. P. Wigner; as far as their official qualifications are concerned, three are mathematicians, seven physicists and four philosophers. These numerical ratios give some idea of the 'set' of the book. It is mainly intended for research workers in the sector, although it can also be approached and appreciated by non specialists provided they have some background in the rather difficult subjects treated.
Going on to a more specific examination of the contents of the book, it must first of all be pointed out that much space is devoted to what is commonly known as 'quantum logic'. The birth of this discipline is universally acknowledged as

dello storico lavoro di G. Birkhoff e J. Von Neumann *The Logic of Quantum Mechanics*, e poi rinata, dopo un certo letargo, col libro di G. W. Mackey *Mathematical Foundations of Quantum Mechanics* apparso nel 1963. Tale disciplina affonda le radici nello studio di strutture ordinate, in particolar modo insiemi parzialmente ordinati e reticoli, studio che essa stessa ha grandemente stimolato e influenzato; essa ha fornito schemi su cui ipotizzare generalizzazioni della formulazione abituale della meccanica quantistica, ed infine ha proposto, e in qualche modo imposto, una più ampia concezione della logica. Alla 'logica quantistica' possono ricondursi i contributi di Bub, di Van Fraassen, di Greechie e Gudder e, in parte, di Hooker; essi, nel complesso, offrono un quadro critico e approfondito dell'argomento. Bub si occupa del problema della 'completezza' della meccanica quantistica e constata come non vi sia praticamente posto per le cosiddette teorie a variabili nascoste. Van Fraassen sviluppa una relazione tra le logiche modali ed il calcolo delle probabilità pervenendo ad una interpretazione della teoria quantistica che è alternativa alla interpretazione della scuola di Copenhagen. Greechie e Gudder si concentrano sugli aspetti algebrici del problema e passano comunque in rassegna i vari aspetti della logica quantistica.

Un altro tema toccato nel libro è quello delle possibili relazioni tra la struttura dell'insieme delle proposizioni della teoria quantistica e la struttura dello spazio-tempo implicita nella teoria stessa. È un vecchio problema, certo già presente negli iniziatori della meccanica quantistica, e che da oltre mezzo secolo provoca, ma anche scoraggia per la sua misteriosità, la fantasia di alcuni addetti ai lavori. A questo tema si ricollegano in parte i contributi di Komar, Peat e Sachs: il primo sviluppa un 'programma di quantizzazione canonica' che includa la relatività generale, il secondo tenta un processo di unificazione tra teoria quantistica e relatività sulla base di una struttura geometrica non tradizionale (il riferimento è

1936, the year of publication of the historical work of G. Birkhoff and J. Von Neumann *The Logic of Quantum Mechanics*, which was revived after a certain period of hibernation by G. W. Mackey's book *Mathematical Foundations of Quantum Mechanics* published in 1963. The roots of this discipline lie in the study of ordered structures, particularly ordered sets and lattices, a study that this discipline itself has greatly stimulated and influenced. It has provided schemes on which to hypothesize generalizations of the customary formulation of quantum mechanics and, lastly, has suggested and, to a certain extent, imposed a wider conception of logic. The contributions by Bub, Van Fraassen, Greechie and Gudder, and to some extent Hooker, can be considered as relating to 'quantum logic'. On the whole they provide a thorough critical treatment of the subject. Bub is interested in the problem of the 'completeness' of quantum mechanics and observes that there is practically no room in it for the so-called hidden variable theories. Van Fraassen develops a relation between modal logics and probability calculus, arriving at an interpretation of quantum theory that is an alternative to that of the Copenhagen school. Greechie and Gudder concentrate on the algebraic aspects of the problem and, in any case, review the various aspects of quantum logic.
Another issue touched upon in the book is that of the possible relations between the structure of the set of propositions of quantum theory and the space-time structure implicit in the theory itself. This is an old problem, which was certainly grasped by the pioneers of quantum mechanics and has for more than half a century stimulated but also, because of its mysterious nature, discouraged the imagination of a few workers in the field. Pertaining partly to this issue are the contributions by Komar, Peat and Sachs: the former develops a 'program of canonical quantization' which includes general relativity. The second attempts a process of unification between quantum theory and relativity based on a non-traditional geo-

ai '*twistors*', una generalizzazione degli spinori), il terzo si rifà all'idea, da lui lungamente sviluppata, che la meccanica quantistica ordinaria possa essere ritrovata come limite non relativistico di una teoria non lineare, e non quantizzata, di un campo spinoriale relativistico.
Il contributo di Cohen riguarda la questione matematica della possibilità di introdurre distribuzioni di probabilità congiunte per osservabili non compatibili. Gerjuoy affronta invece un esame critico delle evidenze sperimentali relative al principio di sovrapposizione della teoria quantistica, il perno centrale della teoria.
Il lungo articolo di Hooker è dedicato ad una tematica meno specifica e di più ampio respiro: lo studio delle connessioni tra le strutture matematiche proprie di una teoria e le sue strutture concettuali e ontologiche, studio che viene poi particolarizzato al caso della teoria quantistica.
Wigner, passa in rassegna le principali lacune ed i punti ancora dolenti nella comprensione della teoria quantistica, con particolare riferimento ai noti aspetti imbarazzanti relativi al processo di misura, per poi passare alla questione della epistemologia della meccanica quantistica.
In complesso dunque si può facilmente affermare che il libro qui recensito è un contributo importante alla letteratura scientifica, e forse anche a quella filosofica.

metric structure (the reference is to the 'twistors', a generalization of spinors). The third relates back to the idea, which he develops at length, that ordinary quantum mechanics can be refound as a non-relativistic limit of a non-linear, non-quantized theory of a relativistic spinor field.
Cohen's contribution is about the mathematical question of the possibility of introducing joint probability distributions for non-compatible observables. Gerjuoy effects a critical examination of the experimental evidence relating to the principle of superposition of quantum theory, the kernel of the theory.
Hooker's long article deals with a less specific, wider-ranging subject, i.e. the study of the connections between the mathematical structures peculiar to a theory and its conceptual and ontological structures; the study is then applied specifically to the case of the quantum theory.
Wigner reviews the main gaps and sore points left in our understanding of quantum theory, with special reference to the well known embarrassing aspects of the measurement process. He then goes on to the question of the epistemology of quantum mechanics.
On the whole, therefore, it can safely be said that the book reviewed here makes an important contribution to scientific, and perhaps even to philosophic, literature.

ENRICO BELTRAMETTI

MONNA, A.F.

Functional Analysis in Historical Perspective

Oosthoek Publishing Company, Utrecht, 1973
VIII+167 pp., Dfl. 30,—

Del II congresso dei matematici (Parigi, 1900) è divenuta celebre la relazione di Hilbert sui problemi futuri della matematica. In ombra rispetto alla grande sintesi hilbertiana rimase invece una comunicazione di Volterra che, ricordando gli analisti italiani Betti, Brioschi e Casorati da poco scomparsi, suggeriva di chiamare l'Ottocento il secolo delle funzioni, così come il Seicento era stato il secolo del calcolo infinitesimale.

Nello sviluppo dell'analisi nell'Ottocento Volterra individuava tre momenti distinti: dalle teorie particolari, che mostravano « la necessità di creare una teoria generale delle funzioni trascendenti e delle funzioni algebriche » (Abel, Jacobi) alla ricerca di un metodo generale capace di fornire un assetto unitario alle teorie (Cauchy, Weierstrass, Riemann) al momento della loro applicazione e diffusione in un quadro didattico e critico. Brioschi, Betti e Casorati — disse Volterra — erano rappresentativi rispettivamente dei tre periodi e dei « tre modi di considerare le questioni d'analisi ».

Dalla relazione di Volterra prende le mosse A. F. Monna per descrivere lo sviluppo dell'analisi funzionale: costituitasi come disciplina teorica all'inizio del secolo, questa ha infatti nell'analisi dell'Ottocento origini e motivazioni.

« Molti problemi della matematica contemporanea — scrive Monna — trovano le loro radici in problemi classici e molti vecchi problemi sono tuttora vivi, pur presentandosi talvolta in una forma in cui è difficile riconoscere i vecchi problemi. È molto importante che ogni matematico si renda conto di questo fatto ». Il suo non è un lavoro cronologico, perché, dice Monna, « una rigida cronologia non è adeguata a descrivere le caratteristiche di uno sviluppo ». Chi ha interesse ad una descrizione esaustiva, trova

At the 2nd congress of mathematicians (Paris, 1900) Hilbert's report on the future problems of mathematics was widely acclaimed. Hilbert's great synthesis somewhat overshadowed a communication by Volterra who, speaking of the recently deceased Italian analysts Betti, Brioschi and Casorati, suggested that the nineteenth century should be called the century of functions just as the seventeenth had been the century of infinitesimal calculus.

According to Volterra there were three separate stages in the development of nineteenth century analysis: the particular theories showing « the need to create a general theory of transcendental functions and algebraic functions » (Abel, Jacobi); the search for a general method capable of giving the theories a unitary framework (Cauchy, Weierstrass, Riemann); the stage of their application and spread in a teaching and critical context. Brioschi, Betti and Casorati, said Volterra, were respectively representative of the three periods and of the « three ways of considering the questions of analysis ».

Monna uses Volterra's report as the basis for a description of the development of functional analysis. The latter was set up as a theoretical discipline at the beginning of the century but has its roots and reason for being in nineteenth century analysis.

« Many of the problems of contemporary mathematics, writes Monna, find their roots in classical problems and many old problems are still alive, be it in a form in which it is difficult to recognise these old problems. It is worthful that any mathematician be aware of this fact ». His is not a chronological work as, says Monna, « a strict chronology is not suitable for describing the characteristics of a development ». Those interested in an exhaustive

nella vasta bibliografia che correda il volume, preziose indicazioni (i lavori di Bernkopf apparsi nel '66 e nel '68 nell'*Archive for History of Exact Sciences*, ad esempio). Al contrario, nell'*Introduzione*, Monna dichiara apertamente di aver avuto in mente, nello scrivere il suo libro, essenzialmente le caratteristiche analitico-funzionali dell'analisi moderna come costante riferimento e punto di vista nell'indagine storica.

«Concetti come 'spazi di Hilbert', 'spazi normati', 'spazi di Banach' sono oggigiorno usuali strumenti del matematico. Ma quando fanno la loro comparsa in matematica?» si chiede Monna. Alla domanda egli fornisce due tipi di risposte, che sottendono anche due filoni di ricerca: da un lato le radici di questi concetti vanno ricercate nella teoria dei sistemi infiniti di equazioni lineari a infinite incognite, nella teoria delle equazioni integrali e nella risoluzione del problema dei momenti. Dall'altro Monna suggerisce come importante fonte di ricerche l'introduzione in analisi e lo sviluppo del concetto di spazio lineare. A questi temi sono dedicati i primi due capitoli, cioè la gran parte del libro.

Certamente il capitolo I (*Lo sviluppo dell'analisi funzionale*) è il più interessante dell'intero libro: qui Monna presenta e discute le vie seguite da Riesz, von Koch, Poincaré, Hilbert e Schmidt all'inizio del secolo per affrontare il problema classico della risoluzione dei sistemi infiniti di equazioni lineari. Inoltre Monna sottolinea l'importanza dell'impostazione geometrica dei lavori di Schmidt, ispirati dalle ricerche di Hilbert sulle equazioni integrali; Hilbert, prendendo le mosse da Neumann, Poincaré e Fredholm, perviene alla teoria degli operatori, cui Schmidt conferisce un assetto più vicino all'attuale.

Strettamente correlate a queste ricerche sono l'introduzione degli spazi astratti di Fréchet e dei funzionali (funzioni di linee) di Volterra e Hadamard. A Volterra e a Pincherle (la scuola italiana, secondo una espressione di Monna) l'autore attribuisce un ruolo rilevante. Secondo Monna, infatti, « la teoria dei funzionali ebbe origine dalla

description will find precious information in the huge bibliography contained in the book (the work of Bernkopf published in '66 and '68 in *Archive for History of Exact Sciences*, for instance).

On the contrary Monna declares openly in the *Introduction* that in writing his book he was thinking mainly of the functional analysis characteristics of modern analysis as a constant reference point in historical inquiry.

« Concepts such as 'Hilbert space', 'normed space', 'Banach space' are nowadays common tools. How did they enter mathematics? » Monna wonders. He gives two different kinds of answer to the question presupposing two research approaches: on the one hand the roots of these concepts are to be sought in the theory of the infinite systems of linear equations with infinite unknowns, in the theory of integral equations and in the solution of the problem of moments. On the other hand, Monna suggests that an important source of research is the introduction of the concept of linear space in analysis and its development. The first two chapters, i.e. most of the book, are devoted to these issues.

Without doubt Chapter I (*The Development of Functional Analysis*) is the most interesting in the whole book. Here Monna illustrates and discusses the approaches adopted by Riesz, von Koch, Poincaré, Hilbert and Schmidt at the beginning of the century to the classical problem of the solution of the infinite systems of linear equations. Monna also emphasizes the importance of the geometric approach adopted by Schmidt based on Hilbert's research into integral equations. Following on from Neumann, Poincaré and Fredholm, Hilbert arrives at the theory of operators to which Schmidt was to give a form closer to its present-day one. Closely connected with this research is the introduction of Fréchet's abstract spaces and the functionals (line functions) of Volterra and Hadamard. The author assigns an important role to Volterra and Pincherle (i.e. to the Italian school, to use Monna's term). According to Monna « the

scuola italiana alla fine del XIX secolo (Pincherle, Volterra) e fu gradualmente sviluppata da molti matematici (Hadamard, Fréchet, F. Riesz) ». Dopo aver brevemente illustrato (cap. II) alcuni momenti dello sviluppo della nozione di spazio lineare (Bolzano, Laguerre, Grassmann e Peano) Monna arriva a tratteggiare i contributi di Hahn (1927) e di Banach, la cui *Théorie des opérations linéaires* (1932) segna una tappa fondamentale nello sviluppo della moderna analisi.

In definitiva, Monna individua nelle origini e nei primi sviluppi della analisi funzionale due branche distinte di ricerche, che hanno « misteriosi » rapporti tra loro. La prima porta da Fredholm via Hilbert, Schmidt, Riesz, Helly a Hahn e Banach e alla scuola polacca e si svolge nei primi trent'anni del secolo. Una seconda si sviluppa a partire dai lavori di Grassmann e Laguerre, attraverso Peano, Pincherle e Volterra, fino ai francesi Hadamard e Fréchet. Nel tentare una linea interpretativa di questa divaricazione (superata completamente solo in Banach), Monna si riferisce allo sviluppo dell'algebra astratta nei primi decenni del secolo: nei numerosi articoli e libri pubblicati all'epoca erano sì presenti importanti concetti della teoria degli spazi lineari, tuttavia non formulati nel linguaggio geometrico degli spazi lineari.

Si tratta di una tesi interessante, che Monna si limita ad enunciare, auspicando una indagine sistematica sullo sviluppo storico della teoria degli spazi lineari.

Nel contesto della moderna analisi funzionale trovano connessione parti della matematica che a prima vista non sembrano avere legami tra loro (ad esempio, la teoria degli spazi di funzioni si è rivelata di grande importanza nella classica teoria delle equazioni alle derivate parziali, oggi trattata con la teoria delle distribuzioni). Questo è il frutto di alcune tendenze operanti nella matematica contemporanea, che Monna individua nella crescente spinta verso l'algebrizzazione, nella ricerca di risultati di carattere strutturale, e nella decisa influenza della topologia. « Nell'analisi moderna — scrive Mon-

theory of functionals originated from the Italian school at the end of the 19th century (Pincherle, Volterra) and was developed gradually by many mathematicians (Hadamard, Fréchet, F. Riesz) ». After briefly outlining (Chap. II) a few phases of the development of the concept of linear space (Bolzano, Laguerre, Grassmann and Peano) Monna goes on to a description of the contributions of Hahn (1927) and Banach, whose *Théorie des opérations linéaires* (1932) marks a fundamental milestone in the development of modern analysis.

Monna basically sees two distinct branches of research that have « mysterious » relations between them in the origins and early development of functional analysis. The first of these leads from Fredholm via Hilbert, Schmidt, Riesz, Helly to Hahn and Banach and to the Polish school and lasted for the first thirty years of this century. The second is a development of the work of Grassmann and Laguerre, through Peano, Pincherle and Volterra, down to the Frenchmen Hadamard and Fréchet. In his attempt to interpret this split (which only Banach manages to reconcile completely), Monna refers to the development of abstract algebra during the first decades of this century. In the numerous articles and books published at the time there were certainly important concepts regarding the theory of linear space, although they were not formulated in the geometric language of geometric space.

This is an interesting thesis which Monna merely states, calling for a systematic investigation to be made into the historical development of the theory of linear space. Branches of mathematics that at first sight seem to have nothing in common (e.g. the theory of function spaces was found to be of great importance in the classical theory of partial derivative equations, today treated using distribution theory). This is the result of a few tendencies in progress in contemporary mathematics, which Monna believes to be the increasing swing towards algebraization, the attempt to find results of a structural nature and in the

na — sono importanti, e in alcune parti addirittura dominanti, i risultati su famiglie di funzioni (spazi) considerate come un tutto, mentre le proprietà delle singole funzioni della famiglia non sono di primario interesse ». È quanto accade anche in altri contesti della matematica (nella geometria algebrica o nella teoria delle categorie, ad esempio). Questa tendenza assume anche una cospicua portata filosofica, mettendo tra l'altro in discussione i concetti stessi di 'fondamenti della matematica' basati sulla nozione di elemento (e di insieme).

Se questo di Monna è libro di storia 'per il presente', e dunque interessante non solo per lo storico specialista ma anche per il matematico impegnato nella ricerca attiva, tuttavia discutibile appare la tesi sottesa a tutto il lavoro, che l'autore dichiara *en passant*: « Uno dei miei scopi è di mostrare la continuità nello sviluppo della matematica ». Monna non si sofferma a discutere questa affermazione, più impegnativa di quanto l'autore non voglia far apparire. Certamente il taglio che Monna ha dichiaratamente dato al suo lavoro — quello di tratteggiare a grandi linee le principali tappe percorse dai concetti dell'analisi funzionale — sembra a prima vista corroborare la tesi, consentendo, come abbiamo visto nel cap. II, di ripescare dalla storia e di accostare uno dopo l'altro autori come Bolzano, Grassmann e Peano, che all'epoca svolsero (escluso Peano) ruoli marginali rispetto allo sviluppo *reale* della matematica e i cui contributi furono 'riscoperti' anni dopo da altri autori in altri contesti. Lo stesso Monna, peraltro, cita lunghe pagine dall'*Ausdehnungslehre* di Grassmann, rimasta « piuttosto sconosciuta per lungo tempo », nella convinzione (a mio avviso fondata) che sconosciuta sia rimasta, in generale, ancora oggi. Quella di Bolzano o di Grassmann è stata sorte non infrequente nella storia della matematica. Ma è sufficiente accostare autori e contributi per dar prova convincente della continuità dello sviluppo della matematica? La risposta porta direttamente ad una delle questioni centrali della

strong influence of topology. « In modern analysis, writes Monna, results on families of functions (spaces) considered as a whole are important, in some parts even dominant, whereas the properties of the individual functions of the family are not of primary interest ». This is what happens also in other branches of mathematics (e.g. algebraic geometry and the theory of categories for instance). This tendency also takes on considerable philosophic significance, among other things, questioning the very concepts of 'foundations of mathematics' based on the notion of element (and of set).

If this book by Monna is a book of history 'for the present', and thus of interest not only to the specialist historian but also for the mathematician engaged in active research, the thesis subtending the entire work, which the author mentions *en passant*, is nevertheless questionable: « One of my aims is to show the continuity in the development of mathematics ». Monna does not go on to discuss this statement, which has more implications than the writer makes out. Certainly the approach explicitly followed by Monna in his book, i.e. that of outlining the main stages in the development of the concepts of functional analysis, at first sight seems to confirm the thesis by enabling, as we have seen in Chapter II, writers like Bolzano, Grassmann and Peano to be plucked out of history and compared to one another. At the time, these authors (except Peano) had comparatively unimportant roles as regards the *real* development of mathematics and their contributions were 'rediscovered' years after by other writers working in different contexts. Even Monna himself quotes lengthy pages from Grassmann's *Ausdehnungslehre* which had remained « rather unknown for a long time » in the conviction (in my opinion, well-founded) that it has remained unknown even today. The destiny of Bolzano or Grassmann is not uncommon in the history of mathematics, but is it enough to compare writers and contributions to give convincing proof of the continuity of the development of mathematics? The answer

discussione contemporanea sullo sviluppo della scienza, quella sui caratteri della 'crescita' della scienza. In matematica questa si verifica, tra l'altro, attraverso progressive e sempre più spinte generalizzazioni ed astrazioni, di cui occorre comprendere in profondità la portata e il significato. Prendiamo un esempio sul quale Monna torna più volte. Il teorema di Stone-Weierstrass si enuncia dicendo che se A è una sottoalgebra di $C(S)$ — lo spazio lineare delle funzioni reali e continue definite su uno spazio topologico compatto S — che contiene le funzioni costanti e separa i punti di S — cioè per ogni $x, y \in S$ e $x \neq y$ esiste una funzione $f \in A$ tale che $f(x) \neq f(y)$ — allora A è densa in $C(S)$.

Certamente se si prende come S un intervallo sulla retta reale $[a, b]$ e come A l'insieme di tutti i polinomi, si ottiene come caso particolare il classico teorema sull'approssimazione delle funzioni reali e continue mediante polinomi. Ma in che senso si tratta di una 'continuazione' del classico teorema di Weierstrass, quando è lo stesso Monna a citare questo come esempio istruttivo della affermazione secondo cui « negli oggetti dell'analisi funzionale tutti i dettagli specifici degli oggetti originari sono messi in ombra »?

Infine un'ultima osservazione. Non si può non concordare con l'opinione espressa da B. Aupetit, che recensendo questo volume per *Historia Mathematica* scrive: «Il principale difetto, soprattutto se si ha in mente di far leggere questo testo a degli studenti raramente poliglotti, è che necessita della conoscenza innanzitutto dell'inglese (è evidente) ma anche del tedesco e del francese, a causa delle numerose citazioni non tradotte. Ma questo è veramente un difetto?».

leads directly to one of the basis issues in the contemporary debate on the development of science, i.e. on the nature of scientific 'growth'. In mathematics this takes place, moreover, by means of progressive and increasingly extensive generalizations and abstractions, the scope and significance of which must be understood in depth. Let us take an example that Monna repeats several times. The Stone-Weierstrass theorem is stated by saying that if A is a subalgebra of $C(S)$ — the linear space of the real and continuous functions defined on a compact topological space S — which contains the constant functions and separates the points of S — i.e. for every $x, y \in S$ and $x \neq y$ there is a function $f \in A$ such that $f(x) \neq f(y)$ — then A is dense in $C(S)$.

Of course, if S is chosen as an interval on the real straight line $[a, b,]$ and A as the set of all the polynomials, the classical theorem of the approximation of real and continuous functions by means of polynomials is obtained as a special case. But in which sense is it a 'continuation' of the classical theorem of Weierstrass when Monna himself quotes it as an instructive example of the statement according to which « in the objects of functional analysis all specific details of the original objects are obscured »?

One final remark in conclusion. One can only agree with the opinion expressed by B. Aupetit who reviewed the book for *Historia Mathematica*. He wrote: « The main drawback, especially if one intends to get students who are rarely polyglots, to read this book is that it is necessary above all to have a knowledge of English (obviously) but also of German and French because there are numerous untranslated quotations. But is this really a drawback? ».

UMBERTO BOTTAZZINI

STEGMÜLLER, W.

The Structure and Dynamics of Theories

Springer-Verlag, New York, 1976
XVII+284 pp., tables, $29.80

Il dibattito sulla storia e la filosofia della scienza ha visto crescere, negli ultimi anni, il numero di coloro i quali vedono nell'opera di Thomas Kuhn la presenza inquietante di filoni e di argomenti irrazionali. Questa presenza è spesso individuata nelle riflessioni che si possono elaborare a partire da due concetti basilari della posizione di Kuhn, il concetto di 'scienza normale' e quello di 'rivoluzione scientifica'. Sembra a molti studiosi, infatti, che lo scienziato operante nell'ambito della scienza normale sia il protagonista acritico di una prassi irrazionale, e che lo scienziato operante nel contesto di quelle *ricerche straordinarie* che sfociano nelle rivoluzioni scientifiche si comporti sostanzialmente come un aderente ad una setta di fanatici religiosi. Una simile visione dell'impresa scientifica, tuttavia, non è tanto il risultato necessario dell'approccio kuhniano, quanto il prodotto di considerazioni erronee che debbono e possono essere eliminate: è questo il punto di vista sostenuto da Wolfgang Stegmüller.
Secondo Stegmüller occorre, in primo luogo, abbandonare quella separazione tra 'kuhniani' e 'antikuhniani' che è stata ribadita e rafforzata durante il dibattito avviatosi in occasione dell'*International Colloquium in the Philosophy of Science* svoltosi a Londra nel 1965: e questo passo può essere compiuto a patto di giungere a una sorta di riconciliazione tra le parti.
Non si tratta però di una riconciliazione di comodo: si tratta invece, a parere di Stegmüller, di una questione da risolvere affrontando in modo completamente nuovo i temi suggeriti da Kuhn. La posizione kuhniana va riletta come una 'nuova concezione metascientifica', e come tale va ricostruita sistematicamente tenendo conto del fatto che Kuhn, essendo soprattutto

The debate on the history and philosophy of science has, in recent years, seen an increase in the number of those who detect in Thomas Kuhn's work the disturbing presence of irrational trends and arguments. This presence is often found in the reflections that can be based on two of Kuhn's basic concepts, i.e. the concept of 'normal science' and that of 'scientific revolution'. It appears to many workers, in fact, that the scientist operating in the field of normal science is the acritical protagonist of an irrational practice and that the scientist operating in the context of the *extraordinary research* leading to scientific revolutions behaves basically like a member of a sect of religious fanatics. Such a conception of scientific enterprise is not, however, so much the result of the Kuhnian approach as the product of erroneous considerations that must and can be eliminated: this is the view maintained by Wolfgang Stegmüller.

According to Stegmüller one must first abandon that distinction between 'Kuhnians' and 'anti-Kuhnians' that was emphasized and strengthened during the debate begun at the *International Colloquium in the Philosophy of Science* which took place in London in 1965. This step may be taken provided that some sort of reconciliation is reached between the parties.

This is not, however, merely a reconciliation of convenience. According to Stegmüller it is a question to be resolved by approaching the issues suggested by Kuhn in a completely new manner. Kuhn's position must be reinterpreted as a 'new metascientific conception' and as such must be reconstructed systematically taking account of the fact that Kuhn, being above all a historian

uno storico e non un logico, non ha proceduto egli stesso ad una simile ricostruzione. Per potere avviare la ricostruzione in oggetto è necessario, secondo Stegmüller, tenere conto del lavoro già svolto da J. D. Sneed nel volume *The Logical Structure of Mathematical Physics* (Dordrecht, 1971). Data la complessità delle ricerche di Sneed, queste ultime sono riprese e rielaborate da Stegmüller nella prima parte del volume, là dove l'approccio di Sneed è esposto con riferimenti continui alla tematica affrontata in questa nuova lettura di Kuhn. In questa prima parte Stegmüller intende utilizzare le argomentazioni di Sneed al fine di dare agli studiosi una fondazione concettuale atta ad articolare gli *aspetti logici* di alcune delle nuove idee introdotte da Kuhn. E per raggiungere un tal fine il nostro autore analizza la struttura delle teorie fisiche ponendo in rilievo la necessità di disporre di un nuovo criterio di teoreticità, di riesaminare l'approccio di Ramsey e di analizzare nuovamente i criteri che consentono di parlare di 'identità' e di 'equivalenza' tra teorie. Ciò deve servire, secondo Stegmüller, a far uscire il dibattito contemporaneo dalla condizione in cui è stato lasciato dalle polemiche tra Kuhn, Popper e Lakatos: una condizione che, a parere dell'autore, è profondamente insoddisfacente, in quanto le polemiche si sono prevalentemente sviluppate per mezzo di un linguaggio intuitivo e privo della forza chiarificatrice presente nell'analisi logica dei problemi.

Il tema della chiarificazione in rapporto alla concezione di Kuhn costituisce il filo conduttore della seconda parte del volume. Stegmüller prende l'avvio da una ricostruzione delle critiche principali mosse all'approccio kuhniano da parte, soprattutto, della scuola popperiana. Una prima schematizzazione dei risultati di tali critiche potrebbe così essere presentata, secondo il nostro autore. Alla domanda: « Come si sviluppa storicamente la scienza esatta? » sembra lecito rispondere presentando quattro soluzioni: I) secondo Hume, la scienza esatta si sviluppa *induttivamente* e *non razionalmente*; II) secondo Carnap, essa si

and not a logician, did not carry out any such reconstruction himself.

In order to begin this reconstruction, Stegmüller considers that account must be taken of the work already carried out by J. D. Sneed in his book *The Logical Structure of Mathematical Physics* (Dordrecht, 1971). In view of the complexity of Sneed's research, Stegmüller reviews and re-elaborates it in the early part of the book where Sneed's approach is set out with repeated references to the issues dealt with in this new interpretation of Kuhn. In this first section Stegmüller sets out to use Sneed's arguments for the purpose of giving workers a conceptual basis on which to arrange the *logical aspects* of a few of the new ideas introduced by Kuhn. To achieve this purpose, the writer analyses the structure of the physical theories, stressing the need to find a new criterion of theoreticity, to re-assess Ramsey's approach and to effect a new analysis of the criteria making it possible to speak of 'identity' and 'equivalence' of theories. Stegmüller considers that this must serve the purpose of removing the present debate from the condition in which it has been left by the controversies between Kuhn, Popper and Lakatos, a condition that, in the writer's opinion, is highly unsatisfactory as the controversies arose mainly as a result of an intuitive language lacking the clarifying power possessed by the logical analysis of problems.

The issue of clarification in connection with Kuhn's conception is the main theme of the second part of the book. Stegmüller begins from a reconstruction of the main criticisms of the Kuhnian approach, especially by the Popperian school. A preliminary schematization of the results of this criticism could, according to the writer, be presented as follows: it would seem legitimate to reply to the question « How does exact science develop historically? » by presenting four solutions: I) according to Hume exact science develops *inductively* and *non-rationally*; II) according to Carnap, it develops *inductively* and *rational-*

sviluppa *induttivamente* e *razionalmente*; III) secondo Popper, essa si sviluppa *non induttivamente* e *razionalmente*; IV) secondo Kuhn, infine, il processo in questione è *non induttivo* e *non razionale*. Ma proprio qui sorgono le perplessità di Stegmüller, nel senso che egli suggerisce una rilettura dell'opera kuhniana mediante la quale lo schema a quattro punti succitato diventa altamente insoddisfacente: e lo strumento basilare di tale rilettura è dato dall'apparato concettuale elaborato da Sneed in chiave logica e presentato nella prima parte del volume.

La tesi di Stegmüller è indubbiamente stimolante — e, forse, il suo maggior pregio è dato dalla possibilità, che essa offre, di analizzare da un diverso punto di vista l'annoso dibattito tra kuhniani e anti-kuhniani. Ciò è particolarmente evidente in quelle pagine dove Stegmüller, dopo aver ricostruito nozioni quali quelle di scienza normale o di rivoluzione scientifica, riflette su alcuni aspetti del falsificazionismo sofisticato di Lakatos o sulle posizioni assunte da Kuhn e da Feyerabend in rapporto alla tesi di Duhem-Quine.

Tutto ciò dovrebbe essere presente al filosofo e allo storico della scienza — se è vero, come scrive ripetutamente il nostro autore, che negli ultimi anni si assiste da più parti al sorgere continuo di polemiche non ben fondate e ricche di argomentazioni qualitative ma non chiare: e, da parte di chi scrive questa breve nota, si può allora aggiungere che alcune considerazioni provocatorie di Stegmüller non possono che essere benvenute, quale che sia, nel futuro, l'esito di una rielaborazione sneediana delle idee di Kuhn. E ciò sembra particolarmente valere nel contesto delle proposte di una qualche metodologia normativa di stampo lakatosiano: proposte che, troppo spesso, sembrano mosse da una tal paura della storia reale da spingere gli storici della scienza a preferire una sofisticata caricatura 'razionale' ad una consapevolezza della complessità dei processi storici di crescita del sapere scientifico.

Non a caso, infatti, nel concludere il suo

ly; III) according to Popper it develops *non-inductively* and *rationally*; IV) lastly, according to Kuhn, the process is *non-inductive* and *non-rational*. But it is precisely at this point that Stegmüller's doubts arise, in the sense that he proposes a reinterpretation of Kuhn's work in which the four-point scheme outlined above becomes highly unsatisfactory; the basic tool for this reinterpretation is provided by the conceptual apparatus developed by Sneed in a logical key and introduced in the first part of the book.

Stegmüller's thesis is certainly a stimulating one and his greatest merit perhaps comes from the possibility that it offers of analysing the longlived debate between Kuhnians and anti-Kuhnians from a different point of view. This is particularly clear in those pages where Stegmüller, after reconstructing notions such as those of normal science or scientific revolution, dwells on a few aspects of Lakatos's sophisticated falsificationism or on the attitude adopted by Kuhn and Feyerabend on the issue of the Duhem-Quine thesis.

All this ought to be known to the philosopher and the science historian if it is true, as the author repeatedly writes, that in recent years relatively unfounded controversies, rich in qualitative but hazy arguments, have arisen in many quarters; the reviewer can only add that several of Stegmüller's provocative considerations can only be welcomed, whatever the future outcome of the Sneedian re-elaboration of Kuhn's ideas. This would seem to be particularly valid in the context of the proposals of some Lakatosian normative methodology, which all too often seem to derive from a fear of history so great as to compel science historians to prefer a sophisticated 'rational' caricature to an awareness of the complexity of the historical processes of the growth of scientific knowledge.

It is thus no coincidence that Stegmüller should conclude his attempt to eliminate the rationality gaps many critics have pointed out in Kuhn's theses by writing that

tentativo di eliminare i gaps di razionalità che molti critici denunciano nelle tesi di Kuhn, Stegmüller scrive che « poiché l'irrazionalità della dinamica delle teorie è solo apparente, non vi è alcun bisogno di invocare una *metodologia normativa* che possa superarla ».

« since the irrationality of theory dynamics is merely apparent, there is no need to invoke a *normative methodology* to overcome it ».

ENRICO BELLONE

YAKOWITZ, S. J.

Computational Probability and Simulation

Series: Applied Mathematics and Computation, Vol. 12
Addison-Wesley Publishing Company, Reading, 1977
xxiii+240 pp., tables, $ 12.50

In questo libro si spiegano chiaramente e a fondo i molti modi in cui si può programmare un calcolatore per simulare numerosi processi stocastici, interessanti sia per le loro applicazioni pratiche (ad es., la rovina dei giocatori, assicuratori, ecc.; problemi simili nel controllo delle scorte, ecc.) sia per le conclusioni di rilievo teorico che se ne possono trarre (ad es., quelle riguardanti i '*Long leads*').
Inoltre, i metodi di Monte Carlo — purché applicati con le dovute cautele — forniscono lo strumento più efficace per l'integrazione di distribuzioni probabilistiche multivariate; anche in questo campo i recenti progressi della ricerca hanno portato a numerosi miglioramenti, e soprattutto a una « maggiore consapevolezza di quei problemi per i quali esso rappresenta la migliore e, talvolta, l'unica tecnica disponibile ».
Questo libro dovrebbe essere largamente usato come introduzione a esercizi pratici di simulazione per applicazioni probabilistiche e simili, come avviene nei numerosi esercizi che in esso sono in parte proposti e in parte risolti.

This book illustrates clearly and deeply the wide range of ways in which a computer may be programmed to simulate many random processes, interesting for practical applications (e.g., ruin of gamblers, of insurers, etc.; similar problems in Inventory control, etc.), or for conclusions of theoretical interest (e.g., those about 'Long leads').

Moreover, the Monte Carlo methods — when applied with proper cautions — give the most efficient tool for the multivariate integration; also in such field recent advances led to several improvement, and chiefly to a « better recognition of those problems in which it is the best, and sometimes the only, available technique ».

This book should be widely used to introduce to practical exercises in simulation for probability and similar applications, as in the many exercises, partly developed and partly proposed.

BRUNO DE FINETTI

BALABAN, A. T. (ed.)

Chemical Applications of Graph Theory

Academic Press, London, 1976
XII+389 pp., tables, £14.50

La teoria dei grafi è una teoria matematica strettamente legata ai concetti propri della topologia, del calcolo combinatorio e della teoria delle matrici.
Il primo lavoro sulla teoria dei grafi apparve nel 1736 ad opera del matematico Eulero. Per un lungo periodo la teoria non fu mai presa troppo seriamente in quanto parve adattarsi piuttosto bene soltanto a problemi caratteristici della teoria dei giochi (problemi di probabilità, problemi di itinerari di figure geometriche e, più in generale, problemi di topologia).
Nel diciannovesimo secolo possiamo rilevare un ulteriore sviluppo della teoria ad opera dei matematici inglesi Cayley e Sylvester e le prime applicazioni a problemi scientifici, quali la teoria dei circuiti elettrici (Kirchoff, 1842) e la teoria delle strutture molecolari (Couper, Kekulé, Butlerov).
Chemical Applications of Graph Theory, curato dal rumeno Alexandru Balaban, con la collaborazione di numerosi specialisti nei diversi settori della chimica, è un libro di non difficile lettura, rivolto non solo a fornire una panoramica chiara ed esplicita sull'uso della teoria dei grafi in chimica, ma anche e soprattutto a sensibilizzare il chimico verso la ricerca di un'impostazione logica e rigorosa della chimica.
Dopo un'introduzione storica ed una semplice esposizione della teoria, i primi capitoli sono dedicati proprio a quello che storicamente fu uno dei primi argomenti chimici cui fu applicata la teoria dei grafi, vale a dire l'enumerazione delle strutture chimiche. In questa sede vengono descritte alcune tecniche, che discendono direttamente dalla teoria dei grafi mutuata sulla teoria dei gruppi, per calcolare il numero delle possibili strutture di composti ciclici, aciclici e policiclici a partire dalla formula bruta, dei composti

Graph theory is a mathematical theory closely linked to concepts peculiar to topology, combinatorial calculus and matrix theory.
The first work on graph theory was published in 1736 by the mathematician Euler. For a long time the theory was not taken very seriously as it seemed to be suitable only for problems typical of games theory (problems of probability, of itinerary of geometrical figures and, more generally, of topology).
The theory was further developed in the nineteenth century by the English mathematicians Cayley and Sylvester and applied for the first time to scientific problems such as the theory of electric circuits (Kirchoff, 1842) and the theory of molecular structures (Couper, Kekulé, Butlerov).
Chemical Applications of Graph Theory, edited by the Rumanian Alexandru Balaban with contributions by numerous specialists in various branches of chemistry, is an easy-to-read book which aims not only at giving a clear and explicit illustration of the way graph theory is used in chemistry, but also at convincing the chemist of the importance of a logical and rigorous approach in chemistry.
After a historical introduction and a simple illustration of the theory, the first chapters are on precisely what was, historically speaking, one of the first chemical subjects to which graph theory was applied, i.e. the enumeration of chemical structures. Here several techniques are described which derive directly from the graph theory borrowed from group theory, in order to calculate the number of possible structures of cyclic, acyclic and polycyclic compounds starting from the crude formula, of the mono-, bi- and n-substituted compounds, of the ste-

mono-, bi- ed n-sostituiti, degli stereo-isomeri, degli isotopo-isomeri, degli isomeri di valenza.
Il sesto capitolo propone un notevole salto di qualità, in cui si può cogliere l'esigenza, a mio avviso particolarmente sentita dagli autori, di affrontare il problema di una fondazione logica della chimica.
Come è ben noto, la chimica è nata, si è sviluppata ed è sostanzialmente rimasta a tutt'oggi scienza eminentemente sperimentale, legata a metodi, schemi, leggi e parametri di carattere empirico o quasi-empirico.
Il contrasto con la situazione odierna della fisica, o, quanto meno, di una gran parte della fisica, fondata su modelli matematici particolarmente raffinati e generali, è netto ed indiscutibile. Non a caso, gli unici settori della chimica che possiedono una base teorico-matematica abbastanza approfondita sono proprio quei settori di confine tra la chimica e la fisica, quali la chimica quantistica, la spettroscopia, la chimica-fisica.
Consapevoli di questa situazione, gli autori si propongono, come passo preliminare, di fondare una struttura logica della chimica su basi insiemistiche, introducendo i concetti di « insieme di molecole (EM) » e di « famiglia di insiemi di molecole legate da una relazione di isomeria (FIEM) ».
In secondo luogo, mediante la teoria dei grafi e le matrici, vengono descritte le singole strutture molecolari, a diversi livelli, cioè in termini topologici, in termini di ordini di legame, in termini complessivi di legami e struttura elettronica totale e, infine, in termini di '*chemical metric*', che individua le proprietà dello spazio euclideo cui si possono associare le rappresentazioni topologiche delle molecole di una FIEM.
In ultimo, assunti come processi elementari le reazioni di ossido-riduzione e la formazione di legami covalenti, gli autori definiscono le caratteristiche formali delle reazioni chimiche, tutte riconducibili ai due processi elementari definiti.
Questa impostazione logica porta ad un rilievo interessante che riguarda in particolare i meccanismi e le cinetiche di reazione e la spettroscopia di massa.

reo-isomers, of isotope isomers and of valency isomers.
Chapter six calls for a considerable qualitative advance in which I think it is possible to perceive the need, which is deeply felt by the authors, of approaching the problem of a logical basis for chemistry.
As is known, chemistry was born and grew up as, and has basically remained, an eminently experimental science bound up with methods, patterns, laws and parameters of an empirical or quasi-empirical nature.
The contrast with the present-day situation in physics or at least a great deal of physics, based on highly refined and general mathematical models, is obvious and undeniable. It is not coincidence that the only sections in chemistry with a sufficiently solid theoretico-mathematical basis are precisely those borderline sectors between chemistry and physics, e.g. quantum chemistry, spectroscopy and physical chemistry.
The authors are aware of this situation and their aim is, as a preliminary step, to set up a logical structure for chemistry on a set theory basis by introducing the concepts of « set of molecules (EM) » and « family of sets of molecules linked by an isomery relation (FIEM) ».
In the second place by means of the theory of graphs and matrices, the individual molecular structures are described at various levels, i.e. in topological terms, in terms of bond orders, in overall terms of bonds and total electronic structure and, lastly, in terms of 'chemical metric', which determines the properties of Euclidean space to which the topological representations of the molecules of a FIEM can be associated.
In conclusion, taking oxido-reduction reactions and covalent bond formation as elementary processes, the authors define the formal characteristics of chemical reactions which can all be related back to the two defined elementary processes.
This logical approach leads to an interesting observation connected in particular with reaction mechanisms and kinetics and mass spectroscopy. In fact, the high degree of computability of these sectors of chemistry

Infatti all'alta computabilità di questi settori della chimica (mediante l'uso massiccio degli elaboratori elettronici) fondati su sofisticate procedure di calcolo numerico le prime e su procedimenti di '*chemical analogy*' l'ultima, gli autori contrappongono, o, almeno a livello minimale, propongono come strategia complementare, l'uso di una impostazione logico-deduttiva ben fondata.
I capitoli successivi ribadiscono sostanzialmente da un lato l'efficacia di una trattazione chimica basata sulla teoria dei grafi e dall'altro la notevole adattabilità della teoria stessa nell'affrontare costruttivamente i problemi più diversi.
In quest'ottica vengono messi in luce l'uso della matrice topologica in meccanica quantistica, con l'ausilio di alcune applicazioni pratiche, la possibilità di affrontare problemi chimico-fisici (con particolare riguardo a situazioni non 'ideali' e a stati di non-equilibrio), e diverse applicazioni nella chimica dei composti organo-metallici e dei polimeri e nello studio dell'ambiente chimico delle reazioni.
Nel complesso il testo, corredato da una bibliografia eccezionalmente ricca, pur risultando un poco affrettato nel trattare alcuni campi come la chimica-fisica e la meccanica quantistica, riesce senz'altro nell'intento di presentare gran parte delle questioni fondamentali della chimica moderna, se pur ben note a tutti gli specialisti, in un'ottica particolarmente stimolante e suscettibile di concreti ed importanti sviluppi.

(by means of the widescale use of computers), the former based on sophisticated procedures of numerical calculus and the latter on 'chemical analogy' procedures, would be replaced, according to the authors, at least at minimal level, by the complementary strategy of using a well-grounded logico-deductive approach.
The following chapters basically affirm, on the one hand, the effectiveness of a chemical treatment based on graph theory and, on the other, the high degree of adaptability of the theory itself in tackling the most widely varying problems constructively.
In this perspective the use of the topological matrix in quantum mechanics is illustrated with the help of a few practical applications (with special reference to 'non-ideal' situations and states of non-equilibrium) as well as different applications in the chemistry of organo-metallic compounds and polymers and in the study of the chemical environment of reactions.
On the whole, the book, which is accompanied by an exceptionally extensive bibliography, although treating certain fields such as physical chemistry and quantum mechanics a little too hastily, certainly succeeds in its aim of presenting most of the fundamental questions of modern chemistry, even though they are well-known to all specialists, from a particularly stimulating viewpoint which is open to important, concrete developments.

ROBERTO TODESCHINI

JAKI, S. L. (ed.)

J. H. Lambert: Cosmological Letters on the Arrangement of the World-Edifice

Scottish Academic Press Limited, Edinburgh, 1976
246 pp., No price stated

Quando si discute della cosmologia settecentesca si pensa, generalmente, ad una scienza che, da un lato, guarda all'opera newtoniana e che, dall'altro lato, guarda alle riflessioni di I. Kant. Le pagine kantiane di *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels*, edite a Königsberg nel 1755, continuano a rappresentare, in larga parte della storiografia della scienza, una sorta di punto di riferimento obbligato per una visione del pensiero cosmologico che cerca di collegare i *Principia* di Newton e l'*Exposition du système du monde*, l'opera che P. S. Laplace pubblica a Parigi nel 1796. Tuttavia, come osserva Stanley L. Jaki nel presentare la traduzione del trattato di J. H. Lambert — apparso nel 1761 ad Augsburg sotto il titolo di *Cosmologische Briefe* — la suddetta visione è quanto mai unilaterale e monca.

Secondo Jaki le « Cosmological Letters on the Arrangement of the World-Edifice » di Lambert, edite appena un anno dopo il trattato lambertiano *Photometria*, costituiscono infatti un momento di estremo interesse per chi voglia comprendere, attraverso una ricostruzione storica accurata, gli sviluppi intricati della cosmologia prelaplaciana.

È indubbio che esistono parallelismi tra alcune tesi kantiane ed alcune considerazioni di Lambert. Entrambi gli studiosi ebbero idee convergenti, ad esempio, nel tentativo di spiegare la Via Lattea. E ad entrambi fu certamente cara la tesi generale secondo le quale esiste una struttura gerarchica che regge l'intero universo. Ma questa concezione gerarchica assume, in Kant, un ruolo all'interno di una visione evoluzionistica del

When eighteenth century cosmology is discussed, one generally thinks of a science which, on the one hand, is related to Newton's work and, on the other, to Kant's thinking. Kant's *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels*, published at Königsberg in 1755, continues to represent in much of the history of science a kind of compulsory reference point in a conception of cosmological thinking which sets out to link Newton's *Principia* and the *Exposition du système du monde*, the work published by Laplace in Paris in 1796.

However, as is pointed out by Stanley L. Jaki in his presentation of the translation of the treatise by J. H. Lambert published in 1761 at Augsburg with the title of *Cosmologische Briefe*, the above-mentioned conception is quite unilateral and partial.

According to Jaki Lambert's « Cosmological Letters on the Arrangement of the World-Edifice », which was published barely one year after Lambert's treatise *Photometria*, are of great interest to anyone wishing to understand, with the help of a careful historical reconstruction, the intricate developments in pre-Laplacian cosmology.

There is no doubt that there is a parallel between several of Kant's theses and a few of Lambert's considerations. Both scholars had converging ideas, for instance, in the attempt to explain the Milky Way and both certainly cherished the general thesis according to which the whole universe is governed by a hierarchical structure. However, in Kant, this hierarchical conception takes on a role inside the evolutionary conception of the world, while, on the con-

mondo: mentre Lambert difende, al contrario, la necessità che si abbiano gerarchie cosmiche entro un universo sostanzialmente statico. Ed ancora: mentre Kant riflette su un universo infinito, Lambert respinge del tutto l'infinità.
Ancora divergenze si manifestano tra i due studiosi quando essi prendono in considerazione la comune idea che creature viventi abitino su altri pianeti: se Kant tenta di specificare le possibili caratteristiche di tali creature, Lambert evita di pronunciarsi.
Le differenze valgono, secondo Jaki, anche per quanto riguarda il complesso problema del rapporto tra Kant, Lambert e Newton. Nel correlare la gerarchia dell'universo a leggi fisiche, scrive Jaki, Lambert è un newtoniano rigoroso, poiché, a differenza di Kant, egli fonda le proprie considerazioni unicamente sulle leggi del moto in un campo centrale di gravitazione, senza invocare forze di repulsione.
Abbiamo di fronte, insomma, due mondi distinti: « Per Kant — scrive Jaki nell'Introduzione — le galassie, le stelle, i pianeti e i loro sistemi sono soggetti ad un processo ciclico di nascita e di morte che si ripete senza fine. Per Lambert tutte le maggiori parti che costituiscono l'universo mantengono le loro forme, strutture e correlazioni. Nel lavoro di Kant la parte più considerevole della discussione riguarda la formazione dei sistemi planetari, dove le comete giocano solamente un ruolo di secondaria importanza. Lambert sostiene il punto di vista anti-evoluzionistico proprio in riferimento alle comete. Ai suoi occhi sembra insensato considerare le comete alla stregua di pianeti immaturi o embrionali ».
L'edizione curata da Jaki entra anche nel merito dei rapporti che possono essere individuati tra le concezioni di Lambert e la cosmologia moderna: e l'analisi viene condotta ponendo in rilievo la presenza di affinità e di differenze tra le idee esposte nel *Cosmologische Briefe* da un lato e le ricerche di un Herschel o di un Arago. Un libro, dunque, che ci invita a riconsiderare la storia del pensiero cosmologico al di fuori di schemi precostituiti.

trary, Lambert defends the need to have cosmic hierarchies inside a basically static universe. Again, while Kant meditates on an infinite universe, Lambert rejects infinity completely.
Further differences appear between the two scholars when they consider the common idea that living creatures inhabit other planets. While Kant attempts to specify the possible characteristics of these creatures, Lambert does not commit himself.
According to Jaki, these differences are found also as far as the complex problem of the relationship between Kant, Lambert and Newton is concerned. In correlating the hierarchy of the universe with physical laws, Jaki writes, Lambert is a rigorous Newtonian as, unlike Kant, he bases his considerations solely on the laws of motion in a central gravitational field, without postulating repulsive forces.
In short, we are dealing with two quite separate worlds: « For Kant, galaxies, stars, planets and their systems are subject to a cyclic process of birth and decay repeating itself without end. For Lambert all major constituent parts of the universe keep their actual shape, structure and correlation. In Kant's work the main body of discussion relates to the formation of planetary systems in which comets play only a very minor role. Lambert argues the anti-evolutionary view precisely with respect to comets. In his eyes they can in no sense be considered as immature or embryonic planets ».
The book edited by Jaki also discusses the relations that may be discerned between Lambert's conceptions and modern cosmology. Furthermore the analysis is carried out emphasizing the presence of affinities and differences between the ideas set out in the *Cosmologische Briefe* on the one hand and the research of a Herschel or an Arago on the other. It is thus a book which invites us to reconsider the history of cosmological thinking outside any preconceived schemes.

ENRICO BELLONE

COLOMBO, S.

Les équations aux dérivées partielles en physique et en mécanique des milieux continus

Masson Editeur, Paris, 1976
VIII+188 pp., figs., No price stated

L'autore di questo volume si rivolge ai fisici ed agli ingegneri e si propone di fornire una introduzione allo studio dei metodi utilizzati nella risoluzione dei problemi della Fisica Matematica e della Meccanica dei mezzi continui.
L'obiettivo principale che l'autore si pone è quello di reagire alla facile tentazione di offrire comode ricette di calcolo, e consiste quindi nel tentativo di superare il largo fossato che separa il matematico dall'utilizzatore della matematica. Non c è, a parer nostro, alcun dubbio sulla validità di un tentativo di questo tipo. Troppo spesso, infatti, si ha una contrapposizione quanto mai dannosa tra un linguaggio formale, astratto e difficilmente comprensibile del matematico puro da un lato, ed una eccessiva empiria e, talora, una eccessiva semplificazione, da parte dei fisici e degli ingegneri. Gli argomenti trattati nel volume sono quelli classici delle equazioni alle derivate parziali. Il primo capitolo tratta di problemi di esistenza ed unicità con particolare riferimento al problema di Cauchy. Nel secondo capitolo si discutono gli aspetti matematici fondamentali di alcune teorie fisiche: termocinetica, elasticità, meccanica dei fluidi, elettromagnetismo. Il terzo capitolo è dedicato alle equazioni del primo ordine. Il capitolo quarto tratta delle equazioni del secondo ordine. In questo contesto particolare attenzione è dedicata alle questioni di geometria differenziale connesse alla teoria delle equazioni alle derivate parziali. Nel capitolo quinto vengono studiate le equazioni iperboliche e la propagazione delle onde. I potenziali Newtoniani e l'equazione di Laplace vengono trattati nel capitolo sesto ed infine l'equazione di diffusione viene studiata nel capitolo settimo.

The author of this book is writing for physicists and engineers and aims at providing them with an introduction to the study of the methods used in solving problems in the mathematical physics and mechanics of continuous media.

The author's objective is to react against the facile temptation of offering easy calculation recipes and thus consists of attempting to bridge the wide gap between the mathematician and the user of mathematics. In my view, any attempt of this kind is of indubitable value. Only too often does it happen, in fact, that there is an extremely dangerous contrast between the formal, abstract, almost incomprehensible language of the pure mathematician on the one hand and, often, over-simplification by physicists and engineers on the other.

The subjects dealt with in the book are the classical ones of equations with partial derivatives. The first chapter is on problems of existence and uniqueness, especially in relation to Cauchy's problem. The second chapter discusses the basic mathematical aspects of a few physical theories: thermokinetics, elasticity, fluid mechanics and electromagnetism. Chapter three is on third order equations while chapter four deals with second order ones. Here special attention is paid to questions of differential geometry connected with the theory of partial derivative equations. Chapter five deals with hyperbolic equations and wave propagation. Newtonian potentials and the Laplace equation are treated in chapter six and, in conclusion, the diffusion equation is examined in chapter seven.

A lettura ultimata si può ben dire che l'obiettivo che l'autore si è posto (e di cui si parlava all'inizio) è stato completamente raggiunto. Infatti l'intersezione tra matematica e fisica si può giudicare riuscita in modo del tutto soddisfacente. L'autore riesce a spiegare con chiarezza alcuni concetti assai elevati come le soluzioni generalizzate nel senso di Sobolev, o l'equazione di Tricomi, od ancora i concetti fondamentali della geometria differenziale indispensabili per una seria analisi della teoria delle equazioni alle derivate parziali, senza perdere mai il contatto con i problemi fisici.
Noi crediamo che sia doveroso, da parte del recensore, suggerire la lettura di questo volume a quei docenti universitari che svolgono corsi di 'Metodi Matematici della Fisica'. Pensiamo, altresì, che sarebbe assai utile tradurre questo trattato, che potrebbe così essere letto ed apprezzato dai nostri studenti delle facoltà scientifiche.

One's impression after reading the book is that the author's aim has been fully achieved and that mathematics and physics have been quite satisfactorily reconciled. The author succeeds in giving clear explanations on a number of lofty concepts such as generalized solutions *à la* Sobolev, Tricomi's equation or the basic concepts of differential geometry required for any serious analysis of the theory of equations with partial derivatives without ever losing touch with physics problems.

I feel duty bound to recommend this book to university lecturers teaching 'Mathematical Methods in Physics'. It would also be a good idea to have the book translated so that it could be read and appreciated by students in the scientific faculties.

GIOVANNI ALBERTO VIANO

WUETHRICH, K.

N. M. R. in Biological Research

Peptides and Proteins
North-Holland Publishing Company,
Amsterdam, 1976
XII + 379 pp., figs. and tables, Dfl. 115,—

Il crescente interesse per l'applicazione della Risonanza Magnetica Nucleare (RMN) allo studio di molecole organico-biologiche è testimoniato dal numero rilevante di libri e monografie recentemente apparsi. Infatti in questi ultimi dieci anni la RMN, per le sue caratteristiche e soprattutto per la possibilità di studiare i sistemi molecolari in soluzione, è diventato un diffuso metodo sperimentale di studio. Questo libro rappresenta un prezioso contributo in questo senso proprio perché è un testo ideale per intro-

The growing interest in the application of Nuclear Magnetic Resonance (NMR) to the study of organico-biological molecules is proved by the large number of books and monographs that have appeared recently. In the last ten years, owing to its characteristics and above all to the possibility it offers of studying molecular systems in solution, NMR has become a widespread experimental study method. This book makes a precious contribution in this connection as it is an ideal text to introduce

durre i chimici organici e i biochimici a questo settore della ricerca.
Il libro illustra i differenti tipi di informazione di interesse biologico che si possono ottenere dal metodo di RMN. Limitandosi allo studio dei peptidi e delle proteine, l'Autore riesce a presentare una analisi coerente e chiara della potenzialità di questa tecnica, nello studio di questi sistemi. Sebbene la documentazione sia relativa a peptidi e proteine, sono contenuti praticamente tutti i principi della RMN applicabili a problemi di interesse biologico. Gli aspetti teorici sono trattati fenomenologicamente in modo chiaro ed estremamente elementare. Per coloro che siano interessati ad approfondire i fondamenti del metodo, il libro è provvisto di una ampia bibliografia.
Sono compresi studi della struttura, conformazione e dinamica molecolare, di peptidi e proteine mediante C^{13}, N^{15}, ed altri nuclei. Inoltre c'è un capitolo dedicato a sistemi multimolecolari, un altro agli effetti paramagnetici nelle proteine. Sono discussi in dettaglio alcuni esempi ben scelti per ciascuna delle applicazioni considerate, molti di questi esempi rappresentano il lavoro prodotto dall'Autore in questi ultimi anni. Il libro è corredato di una ampia e aggiornata bibliografia.
Per la linearità della trattazione e per la corretta impostazione didattica, questo testo è di grande interesse per tutti coloro che siano impegnati a capire ed approfondire la RMN quale metodo di indagine per risolvere problemi di strutture biologiche.

organic chemists and biochemists to this research sector.
It illustrates the various types of information of biological interest that can be obtained using the NMR method. By studying only peptides and proteins, the writer succeeds in presenting a consistent and clear analysis of this technique's potentialities in studying these systems. Although the data refer to peptides and proteins, practically all the NMR principles applied to problems of biological interest are dealt with. The theoretical aspects are treated phenomenologically in a clear and extremely elementary way. For those interested in going further into the fundaments of the method, the book contains an extensive bibliography.
It contains studies on the structure, conformation and molecular dynamics of peptides and proteins using C^{13}, N^{15} and other nuclei. There are also two chapters on multimolecular systems and on paramagnetic effects in proteins. A detailed discussion is made of several carefully chosen examples of each of the applications dealt with and many of these examples consist of work carried out by the author in recent years. The book contains an extensive and up-to-date bibliography.
With its straightforward treatment and correct didactic approach this book is of great interest to all those needing to understand and use NMR as a research method to resolve problems of biological structures.

ALESSANDRO L. KOVACS

HINKLEY, E.D. (ed.)

Laser Monitoring of the Atmosphere

Series: Topics in Applied Physics, Vol. 14
Springer-Verlag, Berlin, 1976
xv+380 pp., figs., DM 97,—

Lo studio e il controllo dell'atmosfera occupano una grossa area della scienza applicata e finalizzata alla cura dell'ambiente in cui l'uomo vive. In questa epoca c'è sensibilizzazione e necessità per tali studi; primo fra tutti quello dell'inquinamento. Ci sono fortunatamente anche grosse innovazioni tecniche che migliorano decisamente la potenzialità dei metodi di studio sperimentale e teorico svolto in tale campo.
Le misure chimiche e fisico-chimiche di un campione d'aria prelevato o in quota (ad esempio con un pallone) o anche a terra ed eseguite in un laboratorio sono già da tempo standardizzate. Il passo che occorreva fare con un potenziamento notevolissimo per tale tipo di lavoro e ricerca, era quello di attuare le misure suddette in 'tempo reale' come usa dirsi (ossia senza ritardo nell'acquisizione dei dati) e direttamente *in situ*.

Citiamo qualche vantaggio di una tale tecnica. Le analisi in tempo reale e a distanza di volumi di atmosfera dell'ordine di qualche metro cubo ma in posizioni spaziali diverse permettono di campionare l'atmosfera per quanto riguarda una sostanza (esempio un composto di zolfo o un ossido di azoto) e vederne l'evoluzione temporale; quindi avere informazioni sulla diffusione di tali sostanze o sul trasporto di esse in seguito a venti o a micro-vortici. Composti con tempi di decadimento relativamente brevi, che sfuggirebbero alle indagini su campioni prelevati e analizzati dopo un intervallo di tempo in laboratorio, sono inoltre rilevabili.

Lo stato di lavoro e di ricerca in questo campo è in pieno sviluppo e costituisce una sintesi appassionante per lo scienziato. La sintesi avviene tra le *tecniche Radar* (*Radio*

The study and control of the atmosphere is an important part of applied science aimed at treating the environment in which man lives. At the present time the need for these studies is keenly felt, especially those on pollution. Fortunately there are also great technical innovations that considerably improve the potentiality of the methods of experimental and theoretical study carried out in this field.
The chemical and physico-chemical measurement of an air sample taken at high altitude (e.g. by means of a balloon) or even on the earth and carried out in a laboratory have long since been standardized. The step that needed to be taken in considerably boosting this kind of work and research was that of effecting these measurements in 'real time' (i.e. without any delay in data acquisition) and on the spot.
Let us seen a few of the advantages of this technique. Real time remote-controlled analysis of volumes of atmosphere of the order of a few cubic metres but in different parts of space allow the atmosphere to be sampled from the standpoint of one substance (e.g. a sulphur compound or a nitrogen oxide) and to follow its development in time, and thus obtain information on the spread of these substances or their transport as a result of winds or micro-vortexes. Compounds with relatively short decay times, which would escape detection in samples taken and analysed at some later stage in the laboratory, can also be discovered.
Work and research in this field is in full swing and provides an exciting synthesis for the scientist. The synthesis is between *Radar techniques* (Radio Detection and

Detection and Ranging) che da un tempo di volo di un impulso di radio-onde centimetriche emesse-riflesse-ricevute, determinano la distanza di un oggetto, le *tecniche spettroscopiche* di analisi di luce diffusa dalla materia, che forniscono informazione sulla materia diffondente, le *tecniche laser* che producono ormai un'ampia gamma di lasers di potenza accordabili in frequenza, le *tecniche dei modelli matematici* che indagano i moti e le complesse evoluzioni di sistemi fluidodinamici.

È così nato il Lidar (*Light Detection and Ranging*): si invia un impulso luminoso o infrarosso in una direzione nell'atmosfera: dall'analisi spettroscopica della radiazione di ritorno si può acquisire molta informazione sullo stato fisico-chimico della zona di atmosfera diffondente e presa in esame. I processi fisici sfruttati in tale tipo di indagine e richiamati nel volume nei loro fondamenti teorici, sono la diffusione di radiazione della materia secondo Mie, Rayleigh, Raman, oltre naturalmente alle leggi di assorbimento della radiazione laser trasmessa attraverso l'atmosfera. Le tecniche, è ovvio, sono molto sofisticate, dominio di chimici, di ricercatori preparati in elettronica-quantistica e di matematici. Il volume presenta tali tecniche e tematiche con particolare riferimento alla detenzione mediante laser di gas e particelle. La bontà del libro è fuori discussione; la tabella dei *Contributors* colpisce sicuramente chi ha un po' di familiarità con certo mondo scientifico; ci sono i più qualificati istituti di ricerca americani, russi e giapponesi.

Il livello del libro, perfetto anche nella presentazione formale, è volto allo scienziato addetto a tali tipi di problemi, ma anche al neo-laureato o laureando che vuol formarsi su tale campo.

Ranging) which determines an object's distance by the time taken for radio waves in the order of centimetres to be emitted, reflected and received, *spectroscopic techniques* of analysing light scattered by matter, which provide information on the scattering matter, *laser techniques*, which now produce a wide range of power tunable lasers and the *mathematical model techniques* by which the motion and complex developments of fluid-dynamic systems can be investigated. This led to Lidar (Light Detection and Ranging) whereby a light or infrared impulse is sent out into the atmosphere. From the spectroscopic analysis of the reflected radiation much information can be obtained on the physico-chemical state of the scattering atmosphere being studied. The physical processes utilized in this type of investigation and dealt with in their basic theoretical aspects, are radiation scattering by matter according to Mie, Rayleigh and Raman as well of course as the laws governing the absorption of laser radiation transmitted through the atmosphere. The techniques used are obviously extremely sophisticated and the domain of chemists, and of researchers trained in quantum electronics and mathematics. In the book these techniques and subjects are treated mainly from the angle of laser detection of gases and particles. The book is certainly a good one. The list of contributors will certainly strike anyone who is even slightly familiar with certain scientific circles. The best American, Russian and Japanese research institutes are represented in it.

The book, which is perfect also in its formal presentation, is designed to meet the needs of the scientist who has to cope with such problems but also for the recent graduate or senior student training in this field.

CARLO PONTIGGIA

MACKEY, M. C.

Ion Transport through Biological Membranes

Series: Lecture Notes in Biomathematics, Vol. 7
Springer-Verlag, Berlin, 1975
240 pp., figs., DM 25,—

Questo testo fa parte di una collezione di volumi, in maggioranza agili, dedicati alla '*biomathematics*'. Il termine è forse impreciso (si tratta in realtà di problemi biologici affrontati in modo quantitativo) ma riesce ad indicare lo spirito dei volumi che vanno coprendo un vasto spettro di problemi: dalle teorie stocastiche della popolazione, alla fisica e matematica del sistema nervoso; prospettando così, nel loro complesso, un utile repertorio di consultazione aggiornato (i volumi sono usciti tutti dal 1974 in poi).

Il testo qui considerato si rivolge, come indica chiaramente il titolo, al trasporto ionico attraverso le membrane biologiche. Poiché il trasporto di ioni attraverso membrane è legato a differenze di potenziale tra i due capi della membrana, è naturale che il libro si occupi principalmente delle cellule in cui trasporti ionici e fenomeni elettrici assumono particolare rilevanza: le cellule nervose. E proprio alla cellula nervosa è dedicata la prima parte del libro che considera con qualche dettaglio le proprietà elettriche delle membrane, sia nel caso di fibre mielinate che di fibre non-mielinate. Viene studiato il potenziale di riposo e la propagazione decrementale di segnali 'sotto-soglia', tramite la ben nota equazione del cavo. Il potenziale d'azione e la sua propagazione sono studiati attentamente, mediante la descrizione della tecnica del '*voltage clamp*' e la sintesi offerta dall'equazione di Hodgkin-Huxley, anche in relazione alla composizione ionica delle soluzioni e all'uso di particolari neurotossine. La seconda parte del libro è dedicata alle classiche teorie dell'elettrodiffusione che, attraverso varie vie, hanno cercato di descrivere il movimento degli ioni attraverso

This book is part of a collection of easy-to-read volumes on 'biomathematics'. This term is perhaps imprecise (as they are really biological problems approached quantitatively) but it nevertheless succeeds in communicating the spirit in which these books, which cover a wide range of problems, are written: from the stochastic population theories, to the physics and mathematics of the nervous system. On the whole, therefore, they present themselves as a useful, up-to-date reference library (all the volumes have appeared since 1974).

As the title clearly shows, the present book deals with ion transport through biological membranes. As ion transport through membranes is linked to potential differences between the two sides of the membrane, the book naturally deals mainly with cells in which ion transport and electrical phenomena are of particular importance, i.e. nerve cells. In fact, the first part of the book is on the nerve cell and deals with the electrical properties of membranes in some detail, in the case of both myelinated and non-myelinated fibres. The rest potential and the passive propagation of the 'sub-threshold' signals are studied by means of the well known cable equation. The action potential and its propagation are studied thoroughly by means of the description of the 'voltage clamp' technique and the synthesis provided by the Hodgkin-Huxley equation, also in connection with the ionic composition of solutions and the use of special neurotoxins. The second part of the book deals with the classical theories of electrodiffusion which, in different ways, have been used to describe ion movement through membranes by means of transport equations originally derived by Nernst

le membrane mediante equazioni di trasporto derivate originariamente da Nernst e da Planck nel XIX sec. In particolare viene sottolineato come tali teorie classiche siano insufficienti per descrivere situazioni lontane dall'equilibrio, come nel caso del potenziale d'azione. E proprio per superare tali difficoltà, l'A., nella terza parte del libro, propone una teoria cinetica molecolare del movimento degli ioni attraverso le membrane. Definita una funzione di distribuzione degli ioni (funzione della posizione, della velocità e del tempo), da questa si ricavano le proprietà del modello allo stato stazionario e nelle varie situazioni. Anche se il modello non risolve tutti i problemi, questa terza parte è indubbiamente la più originale ed interessante.

Il libro è attento e documentato: la svista più rilevante può vedersi, nell'introduzione, nel fatto che la struttura delle membrane biologiche è definitivamente identificata col tradizionale modello alla Danielli-Davson e Robertson, col doppio strato lipidico racchiuso a *sandwich* tra due strati proteici, ignorando i modelli alternativi che le ricerche più recenti sono andate valorizzando. Ci pare, e questo merita di esser sottolineato, che in particolare le prime due parti forniscano un ottimo e approfondito sommario, presentato in modo quantitativo e rigoroso, di quanto è stato fatto sulle proprietà elettriche della fibra nervosa, sul potenziale d'azione e sulla propagazione di questo. Se si considera la vastità della letteratura in proposito, il libro può costituire un utile strumento di consultazione e di studio, a livello universitario, soprattutto per chi abbia una preparazione fisica e matematica.

and Planck in the 19th century. It is pointed in particular how these classical theories are insufficient to describe situations that are far from being in equilibrium such as the case of action potential. Precisely for the purpose of getting round these difficulties the writer, in the third part of the book, suggests a molecular kinetic theory of ion movement through membranes. First an ion distribution function is defined (a function of the position, velocity and time) from which the properties of the model at the steady state and in the various situations can be derived. Even though the model does not solve all the problems, the third part is certainly the most original and interesting.

The book is thorough and well-informed. The most glaring oversight can be found in the introduction, i.e. the fact that the structure of the biological membranes is definitively identified with the traditional model of Danielli-Davson and Robertson with its double lipid layer sandwiched between two protein layers, ignoring the alternative models that are receiving increasing support from more recent research. It would appear, and this is worth stressing, that in particular the first two parts provide an excellent and complete summary, in a rigorous quantitative presentation, of everything that has been done on the electrical properties of nerve fibres, action potential and the propagation of the latter. In consideration of the wide range of literature on the subject this book is useful for reference and study purposes at university level, above all for those with a background in physics and mathematics.

RENZO MORCHIO

MULLER, H. J.

The Modern Concept of Nature

Essays on Theoretical Biology and Evolution
State University of New York Press, Albany, 1973
XIV+272 pp., $8.95

LEWONTIN, R. C.

The Genetic Basis of Evolutionary Change

Columbia University Press, London, 1974
XIV+346 pp., figs. and tables, £2.80

All'inizio del '900 la teoria dell'evoluzione non godeva fra i biologi di grande prestigio. Era la teoria di portata più generale sui fenomeni della vita, ma ciò che di essa si riconosceva universalmente era soltanto che gli organismi attuali discendono da forme più antiche e in genere meno complesse. In qual modo e attraverso quali cause ciò si fosse compiuto non trovava per nulla concordi gli studiosi.

Il merito di aver ricondotto i biologi ad una quasi generale concordia sui punti più controversi spetta agli sviluppi che la genetica produsse negli anni trenta in particolare con lo studio delle popolazioni. Il rapido e intenso cammino di questa scienza passò attraverso la stanza delle Drosophilae, il laboratorio della Columbia University dove Thomas Hunt Morgan (1866-1945), prima del 1910, pose le basi della teoria cromosomica della eredità, collaborando con un gruppo di allievi fra i quali forse il più illustre fu Hermann Joseph Muller (1890-1967).

Sotto il titolo *The Modern Concept of Nature, Essays on Theoretical Biology*, Elof Axel Carlson ha raccolto una serie di saggi di Muller che ci spingono a rievocare alcuni aspetti emblematici della sua personalità e del suo pensiero di scienziato militante. Dalla sua biografia ricorderemo il suo trasferimento a Berlino nel 1932, per condurre ricerche sulle mutazioni con N. W. Timofeev Ressovsky e su invito del genetista sovie-

In the early twentieth century the theory of evolution did not enjoy high repute among biologists. It was the theory with the most general application to life phenomena but the only part of it that was universally recognised was that existing organisms had descended from earlier and, generally speaking, less complex forms. How and why this had occurred was the source of much disagreement among specialists.

The credit for establishing an almost generalized consensus of opinion among biologists on the most controversial aspects must go to the developments produced by genetics in the 'thirties, especially the study of populations. The rapid and intense progress of this science passed through the Drosophila room, the Columbia University laboratory where Thomas Hunt Morgan (1866-1945) laid the foundations of the chromosome theory of heredity before 1910 in collaboration with a group of pupils, the most distinguished of whom was perhaps Hermann Joseph Muller (1890-1967).

Under the title of *The Modern Concept of Nature, Essays on Theoretical Biology*, Elof Axel Carlson has collected a series of Muller's essays which has led us to recall a few significant aspects of his personality and his thought as a militant scientist. He moved to Berlin in 1932 to carry out research on mutations with N. W. Timofeev

tico Vavilov il soggiorno a Leningrado e Mosca, dal 1933 al 1937. Dopo aver partecipato come volontario alla guerra antifascista in Spagna, abbandonò l'URSS per il dissenso con le posizioni di Lysenko. Ritornato negli Stati Uniti e insignito nel 1946 del premio Nobel impegnò durante gli anni successivi molte delle sue energie e del suo prestigio per una campagna eugenetica volta al miglioramento del patrimonio biologico ereditario della umanità.
Convinto sin dalla giovinezza che l'uomo dovesse dominare il proprio processo di evoluzione biologica, per raggiungere sempre più elevate capacità, e persuaso che solo una società socialista potesse garantire le condizioni materiali e culturali per realizzare questo programma, non esitò tuttavia a combattere contro la dottrina di Lysenko e a battersi per questo stesso programma negli Stati Uniti.
Sicuro, per i risultati delle sue stesse ricerche di genetica, della elevata frequenza delle mutazioni letali e nocive, vedeva nell'attenuarsi della selezione naturale fra gli uomini, per effetto della vita civile, un pericolo incombente. Pericolo aggravato per la diffusione dell'uso di radiazioni nella diagnosi e nella terapia mediche e per l'introduzioni delle tecnologie atomico-nucleari. L'entusiasmo della sua lotta eugenetica si alimentava di una visione materialistica e di una prospettiva cosmica sui processi della vita, che sembrano conservare un inconsueto alone ottocentesco.
Guardando l'universo stellare egli scriveva nel 1955: « non solo ogni essere umano ma la totalità della vita è puramente un curioso tipo di ruggine che incrosta le superfici di certi minori e tiepidi pianeti » (*op. cit.*, p. 230). In questo quadro cosmico « l'uomo come lo conosciamo deve essere considerato solo come un operatore transitorio nella progressione della vita » (*ibid.*, p. 251). Secondo Muller l'uomo « può essere il mezzo con cui la vita viene condotta innanzi e oltre, verso forme in sempre migliore armonia con se stessa, l'una con l'altra e con la natura esterna, dotate di una scienza sempre più penetrante, di una saggezza più profonda

Ressovsky and was invited by the Soviet geneticist Vavilov to stay in Leningrad and Moscow from 1933 to 1937. After participating as a volunteer in the anti-Fascist war in Spain he left the USSR because he dissented over Lysenko's positions. He returned to the USA and was awarded the Nobel Prize in 1946. In the years that followed he spent much of his energy and prestige in favour of an eugenics campaign to improve human biological heritage. From a very early age he had been convinced that man had to dominate the process of his own biological evolution in order to attain increasingly high capacities. He was also convinced that only a socialist society could guarantee the material and cultural conditions required to achieve this programme and yet he had no hesitation in opposing Lysenko's doctrine and in fighting for the same programme in the United States.
His own research work in genetics had convinced him of the high frequency of lethal and deleterious mutations, and thus it was that he saw the weakening of natural selection induced by civilized life as a looming danger. This danger was increased by the spreading medical use of radiations in diagnosis and therapy and the introduction of nuclear technologies. His eugenics battle was fired by an enthusiasm which grew directly from a materialist outlook and cosmic perspective of life's processes, which have something of a nineteenth century aura about them.
On observing the universe of stars, he wrote in 1955: «not only all human beings but the totality of life is merely a fancy kind of rust afflicting the surfaces of certain lukewarm minor planets (*op. cit.*, p. 230). In this cosmic context « man as we know him is to be regarded as only a transitional operative in the progression of life » (*ibid.*, p. 251). According to Muller man « can be the means whereby life is conducted onward and outward, to forms in ever better harmony within themselves, with one another, and with outer nature, endowed with ever keener science, deeper wisdom, and further reaching powers » (*ibid.*, p. 252).

e di poteri più estesi » (*ibid.*, p. 252). Muller non può non riconoscere che l'attuale progresso dell'umanità non è solo il risultato di una trasformazione biologica della vita terrestre, ma anche della estrema capacità dell'organismo umano di reagire all'educazione e alle influenze ambientali. Malgrado questa ammissione di principio, che attenua solo in parte la sua tendenza a ridurre l'uomo ad una realtà quasi esclusivamente biologica, egli non abbandonò il programma di realizzare, attraverso un rimodellamento genetico, una maggior felicità degli uomini ed il loro avanzamento da una « mente individuale a una mente sociale ».

Muller ha certamente ragione nel ricordarci l'incidenza che ha nel destino dell'uomo il suo patrimonio genetico, prezioso e forse fortunato effetto di un lungo processo evolutivo, ma sembra purtroppo dimenticare quante infinite potenzialità morali e intellettuali sono ancora realizzabili sulla base di questo stesso patrimonio solo attraverso un rimodellamento della vita sociale degli uomini.

Se da un lato il suo messaggio eugenetico appare dunque sminuito da un materialismo riduzionistico di stampo ottocentesco, d'altro lato pur negli aspetti validi esso si volge forse troppo lontano, facendo appello ad una responsabilità per il destino futuro degli uomini di qui a migliaia o milioni di anni. Esso non appare perciò destinato ad un grande ascolto ma solo forse a ricordarci l'angosciosa difficoltà in cui oggi ci troviamo nell'affrontare razionalmente problemi ben più impellenti, come la virtuale distruzione atomica, quella ormai in atto dell'ambiente naturale e ancor più la fame e la violenza endemiche fra gli uomini.

Se la sua ottimistica speranza di migliorare il futuro della umanità ricorrendo alla eugenetica e cioè alla fecondazione artificiale umana con lo sperma di individui meglio dotati, non ha avuto grande risonanza, più attenzione ha suscitato il suo monito pessimistico su un imminente deterioramento del patrimonio genetico dell'umanità. In quest'ultima prospettiva egli poteva far

Muller cannot help recognising that mankind's present progress is not only the result of a biological transformation of earthly life, but also of the extreme capacity of the human organism to react to education and environmental influences. In spite of this admission of principle, which only partly mitigates his tendency to reduce man to an almost exclusively biological reality, he did not give up his programme to achieve, by means of genetic remodelling, a greater happiness for men and their advancement from an « individual mind to a social mind ».

Muller is certainly right when he speaks of the importance of man's genetic heritage in his destiny, this precious and perhaps fortune effect of a long evolutionary process; but unluckily he seems unmindful of the infinite amount of moral and intellectual potential that can still be developed on the basis of this same heritage merely by remodelling man's life in society.

If on the one hand his eugenic message appears to be diminished by a nineteenth century style reductionistic materialism, on the other, even in its valid aspects, it perhaps goes too far inasmuch as it involves responsibility for the future of mankind thousands or millions of years hence. It thus appears unlikely to have a large following, but will perhaps merely remind us of the appaling difficulty facing us when we have to deal rationally with much more impelling problems such as looming atomic destruction, the on-going destruction of the natural environment and, even more, endemic hunger and violence among men.

While it is true that his optimistic hope to improve the future of mankind by means of eugenetics i.e. artificial human fertilization using the sperm of more gifted individuals, did not meet with much success, his pessimistic warning that man's genetic heritage was likely to deteriorate in the near future received greater attention. In the latter case he was able to make a more direct contribution from his research work as a geneticist. Back in the 'twenties he succeeded in increasing artificially the frequency of

valere in modo più diretto i contributi della sua attività di ricerca come genetista. Già negli anni venti egli era riuscito ad aumentare artificialmente la frequenza delle mutazioni nella *Drosophila*, utilizzando in particolari radiazioni X. Le mutazioni dei geni risultavano un processo discontinuo ma il loro effetto era spesso graduale o latente anche se l'interazione reciproca dei geni poteva condurre a svolte improvvise e drammatiche nella struttura direttamente osservabile, cioè nel fenotipo dell'organismo. È questo il caso dei geni letali, innocui allo stato eterozigote (cioè presenti in uno solo degli elementi della coppia cromosomica) ma provocanti la morte precoce dell'organismo quando si associano allo stato omozigote in ambedue i cromosomi.

Muller calcola che almeno 99 su cento mutazioni siano sfavorevoli. Vi sono infatti « molti più modi di danneggiare il funzionamento di una organizzazione già elaborata e ben costruita, di quanti ve ne siano di migliorarla ulteriormente » (p. 208). Se perciò si attenua la eliminazione dei geni mutanti in senso sfavorevole, come avviene per le popolazioni umane in condizioni di vita più protette, queste stesse popolazioni perderanno il loro vigore e la loro capacità di conservarsi al livello raggiunto, in modo analogo ad animali cavernicoli che dopo innumerevoli generazioni non sono più capaci geneticamente di formare occhi funzionanti.

Queste considerazioni di carattere strettamente scientifico, di cui Muller si è avvalso per sostenere il suo programma eugenetico, non sono oggi accettate da tutti gli studiosi impegnati nell'indagine genetica dell'evoluzione biologica. Molti fra essi si pongono anzi in una posizione del tutto divergente.

R. C. Lewontin nella sua recente opera *The Genetics Basis of Evolutionary Change* ci offre una suggestiva e penetrante analisi di queste opposte concezioni, compiendo nello stesso tempo una delle indagini teoriche e metodologiche più importanti negli ultimi decenni sul problema della interpretazione genetica del processo evolutivo.

Nel 1955 Theodosius Dobzhansky designò la

mutations in Drosophila by means of certain X-rays. Gene mutation was found to be a discontinuous process but its effect was often gradual or latent even though the mutual interaction of the genes could lead to sudden and dramatic changes of structure directly, observable i.e. in the organism phenotype. This is true in the case of lethal genes, which are harmless in the heterozygous stage (i.e. present in only one of the elements of the chromosome pair) but lead to the early death of the organism when they are associated in the homozygous stage in both chromosomes.

Muller calculated that at least 99% of mutations are unfavourable. There are, in fact, « far more ways of damaging the working of an already elaborate and well constructed organization than there are of improving it even further » (p. 208). Therefore if the elimination of unfavourably mutant genes is reduced, as happens in the human populations living more protected lives, these populations will lose their strength and their capacity of self-preservation at the level reached, just as cave-dwelling animals after many generations lose their capacity for forming functioning eyes.

These strictly scientific considerations, used by Muller in support of his eugenic programme, are no longer accepted by all workers investigating the genetics of biological evolution. Many of them have taken a completely opposite view.

In his recent book *The Genetics Basis of Evolutionary Change* R. C. Lewontin gives an interesting and penetrating analysis of these opposed views, at the same time carrying out one of the most important theoretical and methodological investigations for many decades into the problem of the genetic interpretation of the evolutionary process.

In 1955 Theodosius Dobzhansky used the term 'classical' in relation to Muller's theory. According to this theory the majority of individuals in a population has a comparatively uniform genetic heritage and the fittest among them, which form a normal

teoria di Muller con il termine di 'classica'. Secondo questa teoria la maggioranza degli individui di una popolazione ha un patrimonio genetico relativamente uniforme e i più adatti fra essi, che costituiscono un tipo normale allo stato selvatico, sono generalmente omozigoti (presentano cioè geni o alleli identici nei *loci* corrispondenti dei due cromosomi parentali). Molto rari sono invece gli individui allo stato eterozigote, aventi cioè alleli differenti nello stesso *locus*. Una mutazione occasionalmente favorevole viene rapidamente fissata nel tipo normale mentre la selezione naturale provvede rapidamente ad eliminare da una popolazione le mutazioni sfavorevoli di gran lunga più numerose. Per la teoria classica, riconducibile a Muller, fra gli individui di una popolazione vi è dunque una scarsa variazione genetica, per cui le razze geografiche costituiscono gruppi relativamente omogenei fortemente differenziati da altre razze. Le razze divengono così biologicamente importanti ed il razzismo — osserva incisivamente Lewontin — può trovare in tale teoria un argomento scientifico a suo favore.

Dal lato opposto viene a collocarsi la co sidetta '*balance theory*' secondo cui la variazione delle popolazioni naturali è estremamente ampia: la maggioranza dei loro individui sono eterozigoti, disponendo di alleli differenti nei *loci* cromosomici corrispondenti. Le mutazioni sfavorevoli non sono eliminate ma contenute ad una frequenza relativamente bassa dalla selezione naturale, la quale non tende ad eliminare la maggioranza degli alleli alternativi. L'elevata frequenza di questi alleli alternativi in una popolazione, cioè l'eterozigosi, è in fatti considerata una condizione vantaggiosa dal punto di vista dell'adattamento.

Per la teoria classica infine la formazione di una nuova specie è un evento relativamente difficile mentre per la '*balance theory*' l'ampia differenziazione genetica, sempre presente in una popolazione, permette in ogni circostanza favorevole l'isolamento di gruppi destinati a formare una nuova specie.

Queste due teorie, anche per la loro schematica contrapposizione, devono considerarsi

type in the wild state, are usually homozygous (i.e. display identical genes or alleles in the corresponding *loci* of the two parent chromosomes). Individuals in the heterozygous state, i.e. having different alleles at the same *locus*, are much less common. A favourable chance mutation is rapidly fixed by the normal type while natural selection sees to it that the much more frequent unfavourable mutations are rapidly eliminated from a population. According to the classical theory, which goes back to Muller, there is very little genetic variation between individuals in a population so that the geographic races consist of comparatively homogeneous groups that are highly differentiated with respect to other races. Races become biologically important and racism, Lewontin observes acutely, may find in this theory a scientific argument to support it.

On the other side lies the so-called 'balance theory' according to which the variation in natural populations is extremely large; the majority of individuals in them is heterozygous as they have different alleles in their corresponding chromosomal *loci*. Unfavourable mutations are not eliminated but merely kept down to a relatively low frequency by natural selection which does not tend to eliminate the majority of alternative alleles. The high frequency of these alternative alleles in a population, i.e. heterozygosis, is considered, in fact, to be an advantageous condition from the standpoint of adaptation.

Again, the classical theory holds that the formation of a new species is a comparatively difficult event while, according to the 'balance theory', the large-scale genetic differentiation always present in a population allows the groups destined to form a new species to be isolated whenever the circumstances are favourable.

Not least in view of their schematic contraposition, these two theories must, according to Lewontin, be considered as two a priori positions guiding the interpretation of the possible research results. In fact he is of the opinion that it is a textbook myth to

secondo Lewontin due posizioni apriori che guidano l'interpretazione dei possibili risultati della ricerca. Egli ritiene infatti un mito da manuali l'idea che le interpretazioni teoriche si formulino dopo che gli scienziati hanno raccolto dei dati. « Ancor prima che vi sia una prova diretta gli operatori scientifici hanno formulato pregiudizi profondamente radicati; più importante è il risultato e più ambigua la prova, più importanti sono i pregiudizi e maggiore è la probabilità che emergano due scuole diametralmente opposte e inconciliabili » (p. 29).

Nel caso specifico le due teorie sono derivate da condizioni particolari della ricerca genetica. Quella di Muller e della sua scuola, dal materiale e dalle tecniche di indagine sperimentale in laboratorio utilizzati nei primi decenni del secolo sulla Drosophila. L'altra, sostenuta da Dobzhansky e dalla scuola degli evoluzionisti inglesi (E. B. Ford e altri), è nata nel terreno delle indagini svolte sulle popolazioni naturali. Essa vede come Darwin un mondo pieno di diversità ed è influenzata — osserva Lewontin — da un ottimismo ottocentesco che considera l'evoluzione come un fatto essenzialmente progressivo ed in atto. La concezione di Muller è al contrario pessimistica: l'evoluzione ha raggiunto il suo acme e il cambiamento genetico, almeno per l'uomo, non può essere che per il peggio e la funzione della selezione naturale è quella di impedire la degenerazione, mantenendo la purezza del tipo. Muller, osserva ancora Lewontin, credeva in una élite genetica da produrre e difendere con l'inseminazione artificiale. Le considerazioni di Lewontin sulla cosidetta scuola 'classica' di Muller non sono certo adeguate a precisare storicamente la posizione ideologica di quest'ultimo autore, a cui abbiamo fatto alcuni cenni all'inizio di questa recensione. Tali considerazioni valgono come *approssimativa schematizzazione* della contrapposizione ideologica fra i due indirizzi accennati, per cui Lewontin può dire ad es. della '*balance theory*' che essa è ideologicamente pluralistica, in quanto essa riterrebbe che l'esistenza della società sia legata all'esistenza di una varietà di geno-

believe that theoretical interpretations are formulated after scientists have collected the data. « Long before there is any direct evidence, scientific workers have brought to the issue deep-seated prejudices; the more important the issue and the more ambiguous the evidence, the more important are the prejudices, and the greater the likelihood that two diametrically opposed and irreconcilable schools will appear » (p. 29).

In the present case the two theories have arisen out of peculiar conditions of genetic research, Muller's and his school's out of the material and techniques of experimental laboratory investigation used on Drosophila in the early decades of this century, and Dobzhansky's and the British evolutionist school's (E. B. Ford *et al.*) out of the naturalistic investigations carried out on natural populations. The latter, like Darwin, conceives of a world filled with differences and is influenced, Lewontin remarks, by a nineteenth-century optimism that considers evolution as an essentially progressive and on-going phenomenon. Muller's conception, on the contrary, is pessimistic: evolution has reached its peak and genetic change, at least in the case of man, can only be for the worse; natural selection has the function of preventing degeneration by keeping the type pure. Muller, as Lewontin points out, believed in a genetic élite that was to be produced and protected by means of artificial insemination.

Lewontin's considerations on Muller's 'classical' school are certainly inadequate when it comes to ascertaining historically the ideological position of the latter author, briefly outlined at the beginning of this review. These considerations can be taken as a *rough outline* of the ideological contraposition existing between the two schools so that the 'balance theory', for instance, can be said by Lewontin to be ideologically pluralistic insofar it claims that the existence of society is bound up with the existence of a variety of genotypes, none of which is absolutely superior to the others.

Again, both schools — and this is perhaps

tipi, nessuno dei quali è assolutamente superiore all'altro.
Ambedue gli indirizzi infine — e questo ci sembra una delle osservazioni più interessanti di Lewontin — sarebbero impregnate di biologismo, ritenendo cioè che la natura della società umana è fortemente influenzata dalla distribuzione dei genotipi nella specie. « Nessuna delle due concezioni ammette la possibilità che la variazione genetica sia irrilevante per la struttura presente e futura delle istituzioni umane, che l'unica caratteristica della natura biologica dell'uomo è il fatto che egli non sia limitato da essa » (p. 31).
Questo distacco critico dai due indirizzi contrapposti non indica un'indifferenza nei loro riguardi. Lewontin parteggia chiaramente per il secondo indirizzo, che si rifà a Dobzhansky, ma proprio il suo interesse per un'analisi ideologica della scienza, che egli condivide con altri autori di ispirazione marxista, gli ha permesso di trarre la migliore lezione dal caso Lysenko e cioè la convinzione che in ogni dibattito scientifico le questioni teoriche vanno in ultima istanza decise sul piano dell'indagine più spregiudicata e rigorosa.
E su questo terreno si muove infatti tutta la sua opera, analizzando un vastissimo materiale sperimentale alla luce di un'istanza metodologica fondamentale, quella di definire quantitativamente le dimensioni dinamiche di una teoria genetica della evoluzione. L'interesse per questo approccio metodologico nasce dalla convinzione che la stessa contrapposizione dei due indirizzi ha le sue radici in un problema non risolto. La teoria genetica della evoluzione si propone essenzialmente di individuare e misurare i cambiamenti storici nella frequenza dei genotipi delle popolazioni, ma i tentativi di cogliere questi cambiamenti, cioè la variazione genetica, sono incorsi in difficoltà che risiedono nella struttura concettuale della stessa teoria. Da un lato infatti la possibilità di individuare e misurare classi distinte di genotipi è subordinata al fatto che i cambiamenti genetici (cioè la sostituzione di un allele ad un altro in un

one of the most interesting observations made by Lewontin — appear to be steeped in biologism, i.e. they claim that the nature of human society is heavily influenced by genotype distribution within the species. « Neither view admits the possibility that genetic variation is irrelevant to the present and future structure of human institutions, that the unique feature of man's biological nature is that he is not constrained by it » (p. 31).
This critical detachment before the two opposite tendencies must not taken as indifference. Lewontin clearly favours the school represented by Dobzhansky but it is this very interest of his in the ideological analysis of science, which he shares with other Marxist inspired authors, that allows him to draw the best lesson from the Lysenko affair, i.e. the conviction that in every scientific debate theoretical issues must ultimately be decided at the level of the most unbiased and rigorous investigation.
This is indeed the scope of his entire work of analysing a huge amount of experimental material in the light of a basic methodological instance, i.e. that of providing a quantitative definition of the dynamic dimensions of a genetic theory of evolution. His interest in this methodological approach stems from his conviction thas the very contraposition of the two schools is rooted in an unsolved problem.
The genetic evolution theory endeavours basically to identify and measure the historical changes in genotype frequency in populations, but all attempts to detect these changes, i.e. genetic variation, have encountered difficulties arising out of the conceptual structure of the theory itself. On the one hand, the possibility of detecting and measuring different classes of genotypes depends on the fact that the genetic changes (i.e. replacement of one allele by another in the same *locus*) produce discontinuities or marked differences at the level of the observable phenotype. On the other hand, the genetic differences that are meaningful for evolution are variations expressed in virtually continuous individual

certo *locus*) producano delle discontinuità o delle differenze marcate a livello fenotipico osservabile. D'altro lato le variazioni genetiche, che hanno significato per l'evoluzione, sono variazioni che si esprimono a livello fenotipico osservabile in differenze individuali quasi continue e spesso così sottili da essere mascherate dall'effetto di altri geni e dall'azione dell'ambiente.

Questa difficoltà metodologica non risolta costituisce per Lewontin un paradosso o una contraddizione che è inerente alla teoria genetica della evoluzione sin dal suo inizio nel 1926, quando il sovietico Chetverikow prospettò la misura della variazione genetica nascosta e la conoscenza dei meccanismi della sua conservazione quali problemi centrali della teoria. La difficoltà rileva il suo carattere paradossale in quanto, come osserva sinteticamente l'autore, « ciò che noi possiamo misurare è per definizione non interessante e ciò in cui noi siamo interessati è per definizione non misurabile » (p. 23).

Questa ed altre difficoltà inerenti alla genetica della evoluzione non sono del tutto insormontabili. Recenti risultati della genetica molecolare permettono secondo Lewontin di formulare un nuovo programma metodologico attraverso cui individuare le variazioni nascoste che sfuggono normalmente al tipo tradizionale di ricerca mendeliano, obbligato nei limiti delle differenze macroscopiche del fenotipo.

La genetica molecolare fornisce infatti il presupposto di questo nuovo programma in quanto la sequenza delle molecole di ADN, che costituiscono ogni gene, si traduce accuratamente nella sequenza di aminoacidi che costituiscono le proteine. Un cambiamento genetico, cioè una sostituzione allelica, ha un diretto riscontro in un cambiamento della struttura fisicochimica della proteina, facilmente individuabile mediante la cosiddetta analisi elettroforetica. In tal modo, osserva Lewontin, « il conflitto fra gli effetti fenotipici discreti richiesti dal mendelismo e le sottili differenze fenotipiche importanti per l'evoluzione è risolto guardando direttamente i prodotti del gene e non

differences at observable phenotype level, that are often so subtle as to be masked by the effect of other genes and by the action of the environment.

For Lewontin this unsolved methodological difficulty is a paradox or contradiction inherent in the genetic theory of evolution ever since its inception in 1926 when the Soviet worker Chetverikow postulated that the measurement of hidden genetic variation and a knowledge of its preservation mechanisms were the central problems of the theory. The difficulty reveals its paradoxical nature when, as the author observes concisely « what we can measure is by definition uninteresting and what we are interested in is by definition unmeasurable » (p. 23).

This particular difficulty and the others connected with evolutionary genetics are not completely insurmountable. According to Lewontin recent results in molecular genetics allow a new methodological programme to be formulated to detect the concealed variations that normally escape the traditional type of Mendelian research which is restricted to macroscopic phenotype differences.

Molecular genetics provides the basis of this new programme in that the sequence of the DNA molecules forming each gene is accurately translated into the sequence of the amino acids forming the proteins. A genetic change, i.e. an allele replacement, is thus directly reflected in a change in the physiochemical structure of the protein which is easy to detect by electrophoretic analysis. In this way, says Lewontin, « the conflict between the discrete phenotypic effects demanded by Mendelism and the subtle phenotypic differences relevant to evolution is resolved by looking directly at the gene products and not at their physiological and morphological effects » (p. 100).

Research carried out in recent years using the electrophoretic method, particularly on Drosophila populations, has revealed a high degree of genetic variability in the protein structures and thus of heterozygosis.

i loro effetti fisiologici e morfologici » (p. 100). Le ricerche condotte negli ultimi anni col metodo elettroforetico, specialmente su popolazioni di Drosophila, dimostrano un grado elevato di variabilità genetica delle strutture proteiche e quindi di eterozigosi. Questi risultati pesano a favore della '*balance theory*', ma come mostra accuratamente l'autore, la teoria classica è in grado di interpretare adeguatamente il nuovo materiale e anche di contrattaccare vigorosamente. I difensori di quest'ultima possono innanzitutto sostenere che la sostituzione di un singolo aminoacido sarebbe individuabile da un apparecchio elettroforetico ma per nulla avvertito dall'organismo, risultando così una variazione neutra, indifferente dal punto di vista dell'adattamento e della selezione. Altre sostituzioni nella struttura proteica potrebbero essere nocive, ma non corrispondere comunque ad una sostituzione di geni nella evoluzione. Favorevole al punto di vista della teoria classica è inoltre la considerazione che se esistesse una eterozigosi, così rilevante come sostiene la '*balance theory*', dovrebbe verificarsi nelle popolazioni studiate sperimentalmente un fenomeno che di fatto non si osserva e cioè una depressione da endogamia. Cioè una riduzione di vitalità riscontrabile negli individui di una popolazione quando gli alleli nocivi precedentemente nascosti nello stato di eterozigosi vengono ad emergere con i loro effetti nello stato di omozigosi, ottenuto nella popolazione con l'endogamia o incrocio consanguineo dei suoi individui.

Altro importante elemento a sfavore della '*balance theory*' è la difficoltà di stabilire in misura esatta non solo la selezione dei genotipi, ma che questa selezione è tale da preservare la variazione genetica.

Non mancano comunque argomenti a favore della '*balance theory*'; ad esempio nelle molecole proteiche importanti, quali gli enzimi, la sostituzione anche di un aminoacido deve spesso alterare la loro funzione fisiologica e non costituire quindi una mutuazione neutra; sembra inoltre difficile ammettere che le mutazioni adattative siano

These results thus support the 'balance theory', but, as the author is careful to point out, the classical theory can give a satisfactory interpretation of the new material and even counterattack vigorously. In fact, the supporters of the latter theory can claim above all that the replacement of a single amino acid could be detected by an electrophoretic apparatus but not be felt in any way by the organism. It would thus be a neutral variation without any effect on adaptation or selection. Other substitutions in the protein structure could be harmful but not correspond in any case to a gene replacement in evolution.

Also favourable to the classical theory is the consideration that, if such a high degree of heterozygosis exists as is claimed by the 'balance theory', there should be a depression due to inbreeding in experimentally observed populations, a phenomenon that is actually not observed. There ougth to be, that is, a drop in vitality in the individuals of a population when the harmful alleles previously concealed by the state of heterozygosis, emerge and exert their effects in the homozygous state obtained in the population by the inbreeding of its individuals.

Another important element against the 'balance theory' is the difficulty involved in establishing exactly not only genotype selection but that this selection be sufficient to preserve the genetic variation.

There is, however, no lack of arguments in favour of the 'balance theory', e.g. in important protein molecules such as enzymes, the substitution of an amino acid must often alter their physiological function and would thus no longer be a neutral mutation. It would also seem to be difficult to admit that adaptative mutations are smaller than neutral mutations by a huge number of magnitudes, etc.

In conclusion, the contraposition between the two opposite tendencies is not resolved by developing a methodologically more precise research programme even in the new investigation field of molecular genetics. The reasons for this paradox are, according

di moltissime grandezze inferiori alle mutazioni neutre, ecc.
In conclusione anche sul nuovo terreno di indagine della genetica molecolare, sviluppando un programma di ricerca metodologicamente più accurato, la contrapposizione fra i due indirizzi non viene risolta. I motivi di questo paradosso secondo Lewontin vanno ricercati nella struttura logica della genetica delle popolazioni. In primo luogo questa teoria non sarebbe empiricamente sufficiente in quanto essa comporta parametri non misurabili con adeguata accuratezza. È così praticamente impossibile misurare differenze nel coefficiente di selezione dell'ordine dell'1 per cento. In tal modo, pur essendo l'azione selettiva a favore di un allele così esigua da sfuggire alla misurazione, tale azione può tuttavia condurre in un lungo periodo attraverso un effetto cumulativo a sostituire completamente il gene originario.
Altro limite importante della teoria è il fatto che essa, nelle sue concrete applicazioni, si volge a definire *stati di equilibrio*, pur possedendo leggi dinamiche che permetterebbero di stabilire la frequenza delle distribuzioni geniche nel tempo. Questo trascurare la *dimensione storica* — osserva Lewontin — caratterizzerebbe ideologicamente alcuni atteggiamenti della borghesia attuale rispetto a quella dell'800, quando il successo della rivoluzione borghese portava a valorizzare la nozione di progresso.
Altra difficoltà teorica della genetica delle popolazioni infine è il considerare il genoma come una collezione di singoli *loci* ignorando l'interazione fra di essi.
Fra i molti meriti dell'opera di Lewontin vi è certamente quello di aver cercato di scoprire, sia pure a brevi tratti, le carte ideologiche non certo nitide del complesso gioco scientifico nelle attuali ricerche sulla genetica dell'evoluzione. Ma un merito ancora maggiore è certo quello di non avere lasciato dubbi al lettore sul fatto che questo gioco scientifico ha comunque delle regole sue proprie che si articolano nella coerenza formale delle teorie e nella loro adeguatezza a interpretare il materiale sperimentale.

to Lewontin, to be found in the logical structure of population genetics. In the first place this theory is thought not to be empirically sufficient as it involves parameters that cannot be measured accurately enough. It is thus practically impossible to measure differences in the selction coefficient in the order of one per cent. Therefore, although selective action in favour of an allele is small enough to escape measurement, this action can nevertheless lead, over a long period of time and by means of a cumulative effect, to a complete substitution of the original gene.
Another important limitation of the theory is the fact that, in its concrete applications, it tends to define *equilibrium states* even though it possesses dynamic laws that would enable it to establish gene distribution frequencies as a function of time. This neglect of the *historical dimension* is believed to characterize ideologically a few attitudes of the present-day middle class with respect to that of the nineteenth century when the success of the middle class revolution led to an appreciation of the notion of progress. Another theoretical difficulty in population genetics is considering the genome as a collection of individual *loci* and neglecting the interaction between them.
One of Lewontin's many merits is certainly that of having tried to discover, albeit spasmodically, the ideological cards (by no means clear) of the complex scientific game which revolves around current research into the genetics of evolution. However, an even greater merit is certainly to have left no doubt in the reader's mind as to the fact that this scientific interplay obeys its own rules which are contained in the formal consistency of the theories and in their capacity for interpreting the experimental material.
The picture painted by the author is perhaps too pessimistic, even though his is a fruitful pessimism deriving from the urgency of mathematical and formal analysis cases in the structure of the theory. Others will have the task of proving that it is possible

Il quadro tracciato dall'autore è forse troppo pessimistico, anche se il suo è un pessimismo fecondo che deriva dall'urgenza di istanze matematiche e di analisi formali nella struttura della teoria. Altri dovranno dimostrare che è possibile risolvere i problemi qui lasciati aperti evitando la difficile strada delle chiarificazioni metodologiche fondamentali, tentata da Lewontin.

to solve the problems left open here by avoiding the stony path of fundamental methodological clarifications, tried by Lewontin.

FELICE MONDELLA

MAYR, E.

Evolution and the Diversity of Life: Selected Essays

The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1976
IX+721 pp., tables, £ 15.00

Ernst Mayr è uno dei personaggi più rappresentativi nel campo della interpretazione genetica dell'evoluzione biologica, cioè della cosiddetta 'teoria sintetica'. Questa è così chiamata perché ha riunito in una felice sintesi i principi del darwinismo classico con i dati acquisiti dalla genetica a partire dalla riscoperta delle leggi di Mendel (1900) a tutt'oggi. Rispetto a molti teorici, che hanno elaborato modelli matematici di genetica delle popolazioni, il Mayr ha il vantaggio — che condivide con un altro grande studioso dell'evoluzione, Th. Dobzhansky — di essere un naturalista. Egli ha infatti cominciato la sua carriera di biologo come studioso della sistematica, della biogeografia e della 'speciazione' degli uccelli. La conoscenza e l'atteggiamento di fronte ai problemi evolutivi, che può avere un naturalista, sono assai diversi da quelli di un puro teorico matematico o statistico. Il naturalista può considerare molto più da vicino e con conoscenza diretta i fenomeni che si svolgono in natura, ed è perciò meno propenso a elaborare astrazioni teoriche che possono portare il matematico assai lontano dalla realtà. Ciò non vuol dire che il naturalista non

Ernst Mayr is one of the most outstanding personalities in the field of the genetic interpretation of biological evolution, i.e. of the 'synthetic theory', which, as its name implies, has blended in a happy synthesis the principles of classical Darwinism with the data accumulated by genetics, from the rediscovery of Mendel's laws (1900) down to the present day. Unlike many theoreticians who have worked out mathematical models of population genetics, Mayr shares with another great student of evolutionary problems, Th. Dobzhansky, the advantage of being a naturalist. He began his career as a biologist by studying the taxonomy, biogeography and speciation of birds. The knowledge and the attitude of a naturalist towards evolutionary problems differ from those of a pure mathematician or statistician. The naturalist can observe natural phenomena much closer at hand and with a more direct knowledge and is thus less inclined to indulge in theoretical abstractions that often lead the mathematician far from reality.
This does not mean that the naturalist cannot, or must not, strive towards gener-

possa, o debba giungere a generalizzazioni che abbiano il valore di teorie generali: lo hanno fatto Lamarck, Darwin e tutti gli antichi evoluzionisti. Anche il Mayr, infatti, ha recato contributi molto importanti, oltreché a problemi specifici, ad argomenti di carattere generale, quali: causa ed effetto in biologia, il problema teleologico o della finalità dei fenomeni biologici, la teoria della classificazione biologica, e parecchi altri. Egli è stato uno scrittore piuttosto fecondo, e ha esposto le sue vedute, molto spesso originali (come ad esempio quelle sul concetto tradizionale 'tipologico', e il concetto moderno, evoluzionistico di specie) in numerosi articoli pubblicati in diversi periodici. Ciò rende alquanto difficile seguire il suo pensiero nei vari campi da lui esplorati. È quindi benvenuta questa collezione di una cinquantina di suoi lavori, pubblicati negli ultimi tre decenni, e qui riprodotti integralmente.

Essi sono classificati in nove sezioni, ciascuna delle quali è preceduta da una nota introduttiva. La sezione più numerosa è la prima, *Evolution*, che raccoglie nove scritti fra i più significativi, con cui l'autore ha efficacemente contribuito alla rinascita del darwinismo, tanto è vero che l'introduzione a questa parte ha il titolo: *Darwin vindicated*. La seconda sezione è dedicata ad un problema (o una serie di problemi) particolare dell'evoluzione: la formazione di nuove specie, o 'speciazione'.

Nella terza sezione sono raccolti articoli di storia della biologia, che sempre vertono su argomenti evoluzionistici (Lamarck, Agassiz e Darwin, la natura della rivoluzione darwiniana, ecc.). Molto importante la sezione quarta, dedicata alla filosofia della biologia (problemi della causalità, del finalismo, dei modelli esplicativi, ecc.). Nella quinta parte sono raccolti, sotto il titolo: *Theory of systematics*, quattro articoli su questo argomento, al quale il Mayr ha anche recato contributi importanti. La sezione sesta è dedicata ai problemi della specie: definizione del concetto di specie, specie criptiche, significato biologico della specie. Piuttosto numerosa è la raccolta degli articoli

alisations having the value of general theories. This was done by Lamarck, Darwin and all the early evolutionists. Mayr himself has made very important contributions to specific problems as well as to subjects of a general nature; e.g. cause and effect in biology, the teleological problem or the purposiveness of biological phenomena, the theory of biological classification, and many others. He has written quite a lot and has set out his often very original ideas (e.g. on the traditional 'typological' concept and the modern, evolutionary concept of species) in numerous articles published in various journals. As a result it is no easy matter to follow his thinking in the various fields he has investigated. This makes this collection of about fifty of his articles published over the last thirty years and integrally reproduced here a particularly welcome one.

The articles are divided up into nine sections, each of which is preceded by an introductory note. The largest section is the first one, Evolution, comprising nine of the author's most significant articles by which he has contributed to the revival of Darwinism (in fact, the introduction to this part is entitled: Darwin vindicated). The second section deals with a particular problem (or series of problems) concerning evolution: the formation of new species or speciation.

The third section comprises articles on the history of biology, all concerning evolutionary arguments (Lamarck, Agassiz and Darwin, the nature of the Darwinian revolution, etc.). Section four on the philosophy of biology (problems of causality, finalism, explanatory models, etc.) is a very important one. Collected in part five, under the title of: Theory of systematics, are four articles on this subject, to which Mayr has also made important contributions. Sections six is on species problems: the definition of the species concept, cryptic species, the biological meaning of species.

There is a rather large collection of articles on biogeography (section eight) while section seven (man) and the ninth and last

ticoli che trattano di biogeografia (sez. ottava) mentre la settima (uomo) e la nona ed ultima (comportamento) raccolgono in tutto tre articoli. Particolarmente importanti sono però le riflessioni sulla funzione del comportamento (*behavior*) come promotore di processi evolutivi.

Nell'insieme, si tratta dunque di un'opera molto importante, non meno dei libri precedentemente pubblicati dal Mayr, su argomenti più omogenei. Questa raccolta di lavori soltanto apparentemente disparati, in realtà tutti concorrenti al grande tema centrale, l'evoluzione biologica e la sua interpretazione in chiave darwinistica, riesce estremamente utile (anche a costo di qualche ripetizione) in quanto dà un quadro completo del pensiero di questo autore su alcuni dei più importanti problemi della biologia. Questa scienza è attualmente in procinto di costruire le proprie basi epistemologiche, liberandosi faticosamente da molte sovrastrutture metafisiche e ideologiche che l'hanno appesantita in passato. Deve anche sganciarsi dagli schemi strutturali delle scienze fisiche, che sono soltanto parzialmente validi nelle scienze biologiche. A questi processi chiarificatori il Mayr ha dato molti validi contributi, ed è piacevole il trovarli riuniti in questo volume.

one (behavior) comprise only three articles in all. However, particular importance attaches to the considerations on the function of behavior as a promotor of evolutionary processes.

This is a very important book, like the other works previously published by Mayr on more homogeneous subjects. The collection of, only apparently, unconnected works which in fact are all related to the main, central theme, i.e. biological evolution and its interpretation in a Darwinistic key, is extremely useful (despite a few repetitions) as it gives a complete picture of this author's thinking on some of the most important problems in biology. This science is currently constructing its own epistemological bases and is struggling to free itself from much metaphysical and ideological deadwood. It must also free itself from the structural patterns typical of the physical sciences which are only partially applicable to the biological sciences. Mayr has made many significant contributions to this clarifying process and it is a pleasure to find them collected in this volume.

GIUSEPPE MONTALENTI

HARRIS, H.

The Principles of Human Biochemical Genetics

North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1975
XIV+474 pp., figs. and tables, Dfl. 49,00

Non vi è alcun dubbio che spetta alla genetica umana il merito di aver indicato con notevole anticipo l'importanza dell'analisi biochimica dei caratteri genetici: basterà citare le ricerche di Garrod sui difetti congeniti del metabolismo nell'uomo che risalgono al 1909.

Quando, dopo la seconda guerra mondiale, questo tipo di analisi si diffuse con grande rigoglio in quasi tutti i settori della genetica, parve che la nostra specie avesse poco da dire a questo riguardo; le solite considerazioni relative alla impossibilità di sperimentare nell'uomo, oltre al suo lunghissimo tempo di generazione (in effetti lungo quanto quello dello sperimentatore) sembravano indicare ostacoli insormontabili.

Bisogna riconoscere a H. Harris una ostinata convinzione contraria a questo modo di vedere: sin dal 1959 infatti, quando pubblicò *Human Biochemical Genetics*, che può essere considerato il progenitore dell'attuale testo, pur nella scarsità dei dati allora a disposizione, seppe con grande lucidità indicare molti possibili sviluppi.

In effetti ve ne furono di clamorosi e H. Harris fu protagonista di molti di questi, soprattutto nella scoperta di una variabilità genetica nella nostra specie (ma si vide poi che anche per molte altre era lo stesso) di dimensioni così cospicue che nessuno anche pochi anni prima poteva prevedere.

Nacque così, dieci anni dopo, la prima edizione di *The Principles of Human Biochemical Genetics*, che rappresentò una tappa fondamentale della preparazione di ricercatori in vari settori della ricerca biologica e medica. Questo testo forniva infatti una visione organica della materia, evitando cioè la semplice elencazione dei fatti e cercando invece di inserirli in un quadro isti-

There is no doubt that human genetics has the merit of having given a very early indication of the importance of the biochemical analysis of genetic characters; suffice it to mention Garrod's work on the congenital defects of human metabolism as early as 1909.

When, after World War II, this type of analysis spread rapidly to almost all sectors of genetics, our species seemed to have little to say in this connection; the customary consideration concerning the impossibility of experimenting on man, in addition to his very long generation period (as long, in fact, as that of the experimenter) seemed to cause unsurmountable obstacles.

It must be acknowledged that H. Harris was stubbornly opposed to this outlook. Ever since 1959, when he published *Human Biochemical Genetics*, which may be considered as the forerunner of the present book, he very lucidly pointed the way to many possible developments, in spite of the lack of data available at the time. In actual fact, there were sensational developments, and H. Harris was at the centre of many of them, especially in the discovery of a genetic variability in our species (but it was later seen that the same was true also for many others) of such large proportions that only a few years earlier it would have been impossible to predict. Thus ten years later the first edition of *The Principles of Human Biohemical Genetics* appeared, which represented a basic phase in the training of research workers in various sectors of biological and medical research. This book provides an overall view of the subject, thereby avoiding giving a simple list of facts and trying instead to include them in an institutional and thus logical framework.

tuzionale e quindi logico. Questa caratteristica è rimasta invariata nella attuale seconda edizione, anche se ovviamente il materiale è aumentato considerevolmente di volume. È rimasta soprattutto inalterata la capacità del testo di fornire spunti anche a cultori di altre materie, per quel tanto che questa disciplina ha ormai connessioni profonde con altri campi della scienza, anche non strettamente affini.

Una prima direzione la connette con la biologia generale: non è forse universalmente noto che alcune grosse scoperte di genetica generale, come la scoperta del codice genetico, o lo studio della variabilità genetica strutturale, hanno avuto da questa materia contributi fondamentali. Più ovvia la connessione con la medicina: il campo delle malattie genetiche, nonché quello delle correlazioni esistenti tra patrimonio genetico e ambiente, sono stati ampiamente estesi e in qualche caso abbastanza profondamente chiariti; ne nasce la necessità di rivedere più in generale i rapporti che esistono tra paziente e suoi famigliari da un lato e paziente e suo ambiente dall'altro. Una terza direzione è quella verso l'antropologia e le scienze umane in generale. Da un lato i tentativi di ricostruzione della storia biologica dell'uomo, dall'altro il riconoscimento dell'altissimo grado di individualità genetica dell'uomo, non possono non spingere a riconsiderare i problemi che riguardano la specie umana nella sua attuale organizzazione e nel suo futuro, anche immediato.

E un suggerimento in questo senso è fornito dall'autore stesso, che conclude la sua opera dicendo: « È molto probabile che una delle applicazioni sociali e mediche più importanti della ricerca genetica risieda nel controllo dell'ambiente, dal momento che mano a mano che diviene possibile caratterizzare precisamente la costituzione genetica di un individuo, con maggiore probabilità noi possiamo cercare di modificare o adattare l'ambiente a seconda delle sue necessità ».

This characteristic has been maintained also in this second edition, even though, of course, the material has increased in size considerably. What has remained unchanged, in particular, is the book's capaccity for providing points of interest also for those interested in other fields, in view of the deep links now existing between this discipline and other, perhaps not strictly related, fields of science.

In one direction it is connected with general biology — is it not common knowledge that a few great discoveries in general genetics, e.g. the discovery of the genetic code, and the study of structural genetic variability, have received fundamental contributions from this field. The link with medicine is more apparent: the field of genetic disease, as well as that of the correlations between genetic heredity and environment, have been extended and in some cases very deeply clarified. This leads to the need for a more general review of the relations between patient and his relatives on one hand and the patient and his environment on the other. A third direction is that towards anthropology and the human sciences in general. On the one hand the tentative reconstruction of the biological history of man, on the other hand the acknowledgment of the very high degree of genetic individuality of man, must necessarily induce us to reconsider the problems concerning the human species in its present organisation and its (perhaps immediate) future.

A suggestion to this point is given by the author himself, who concludes his book saying: « It is very probable that one of the most important social and medical applications of genetical research will lie in the control of the environment, since the more it becomes possible to characterise the genetical constitution of an individual precisely, the more likely are we to see how to modify or tailor the environment according to his needs».

LUCIANO TERRENATO

COHEN, J.

Reproduction

Butterworths, London, 1977
XIX+356 pp., figs. and tables, £4.95

Il problema della riproduzione è divenuto uno dei punti focali di attenzione non solo dei biologi; e ciò per le sue implicazioni, mediche, sociali ed economiche. Un libro sulla *Riproduzione* non può, quindi, che essere benvenuto. L'opera di J. Cohen però non mi pare che offra quel che ci si attenderebbe, soprattutto se si tien conto che il libro si rivolge soprattutto a studenti. Le due principali riserve che io ho riguardano anzitutto il fatto che l'Autore ha cercato di contrarre in 291 pagine tutto lo scibile sulla riproduzione. Gli argomenti trattati vanno infatti dalla aritmetica della riproduzione alla strategia dell'incontro sessuale, alla descrizione dei gameti, della fecondazione e dello sviluppo embrionale, fino alla riproduzione degli schemi culturali. Da ciò ne deriva che ad alcuni argomenti è dato uno sviluppo sproporzionatamente grande, mentre altri, pure importanti, sono appena sfiorati (e talvolta in forma talmente breve da renderli incomprensibili o da darne un'impressione del tutto errata). La situazione è poi aggravata — e qui viene la mia seconda riserva — dalla eccessiva quantità di dati citati. Si prenda, ad esempio, il capitolo sulle « forme larvali » (Cap. 10), la cui ultima sezione è intitolata « *Children* » (pag. 194): in 64 righe si parla di insetti emimetaboli, di cura della prole tra i primati e di giocattoli per i bambini, oltre 6 righe dedicate a considerazioni pseudo-filosofiche. (Di considerazioni pseudo-filosofiche è pieno il libro; e a mio parere esse non fanno che confondere la comprensione di molti argomenti. Ad esempio, non mi pare che il confronto tra la trasformazione batterica e il modo come il Cristianesimo o l'Islamismo sono stati assunti da popoli diversi (pag. 289) aiuti a comprendere meglio i due processi). D'altra parte nella discussione sulla evoluzione della placentazione, l'interessante situazione della

Reproduction has become a popular subject and not only among biologists; and rightly so because of its medical, social and economical implications. Hence a book on *Reproduction* is highly welcome. However, in my opinion, the work by J. Cohen does not meet the expectations especially when considering that it is intended primarily for students. I have two major reservations concerning the presentation. The first is that in 291 pages the Author has tried to cover nearly every topic about reproduction. The topics dealt with range from the arithmetic of reproduction, to the tactics of sexual congress, to the description of gametes, fertilization and early development, to the reproduction of cultural patterns. The result being that some of the topics are comparatively overemphasized, while others, though not less important, are given a cursory mention (and often in such a way as to make them barely understandable or to give a false impression of the state of art). The situation is made worse — and this is my second reservation — by the exceedingly large amount of data and facts quoted. Take for example the Chapter on « Larval Forms » (Chapter 10), the last section of which deals with « Children » (page 194): in 64 lines reference is made to the hemimetabolous insects, to infant care among primates and to children's toys, plus 6 lines of pseudophilosophical comments. (Pseudo-philosophical considerations are in fact plentiful in the book and in my opinion confuse the issues. For example, to make a comparison between bacterial transformation and the way in which varions races have adopted Christianity and Islam (page 289) does not help in the understanding of either process). On the other hand, when discussing the evolution of placentation, the interesting situation of

'placenta' degli elasmobranchi è appena menzionata. La descrizione di alcuni eventi dello sviluppo embrionale (Cap. 9.2) è talmente sintetizzata che io ho forti dubbi che chiunque non abbia familiarità con l'argomento possa riuscire a capire cosa è ad esempio l'induzione embrionaria o quale sia la differenza tra «istruzione e prescrizione» o come si effettui il controllo genetico della torsione della conchiglia della *Limnea*. Si aggiunga che alcuni argomenti sono presentati in modo tale da darne un'idea del tutto erronea. Ad esempio è fuorviante (ed erroneo) dire (pag. 145) che « quando le cellule si specializzano i geni che sovraintendono alla sintesi delle proteine caratteristiche di quel tipo cellulare possono essere amplificati... »; è quanto meno semplicistico affermare che (pag. 169) « la metafisica del differenziamento è stata complicata dalle idee matematiche come quelle di Turing ...»; ed è certamente sbagliato che gli « informosomi » sono « i ribosomi elaborati dagli ovociti » (pag. 159).

Il risultato di tutto ciò è un libro che è una miscela di descrizioni di un eccessivo numero di dati non troppo bene organizzati e collegati tra loro, di analogie spesso non pertinenti e di considerazioni semi-filosofiche.

Nonostante questi lati negativi ritengo però che l'Autore vada lodato per il suo tentativo di mettere assieme una quantità di nozioni tra le più importanti sul problema della riproduzione. Tanto più che alcuni capitoli, quali ad esempio quello su « *Arithmetic of Reproduction* », quello sulle « *Larval Forms* », quello sulla « *Offspring care* », quello sulla « *Regulation of Numbers* », sono certamente buoni. È da augurarsi che in una prossima edizione o venga ridotto il numero degli argomenti trattati, e ciascuno sia svolto in modo opportunamente approfondito, o che l'Autore chieda la collaborazione di specialisti per le parti di sua minore competenza.

I diagrammi che illustrano il libro sono buoni; la qualità delle tavole è discreta. Non posso però non fare rilevare che dubito che le fotografie *b* e *f* della Tavola 12 rappresentino gastrule di riccio di mare; a me sembrano piuttosto gastrule di stella di

the 'placenta' of the elasmobranches is given but a very brief mention. The description of the events of embryonic development (Chapter 9.2) has been shortened to such an extent that I doubt that anyone unfamiliar with the subject may understand what e.g. embryonic induction is, or the difference between « instruction and prescription » or the genetic control of the coil of the shell in *Limnea*. Also, some facts are presented in such a way as to give a wrong idea of them. For example, it is very misleading (and wrong) to say (page 165) that « as cells specialise, those genes which will make the proteins characteristic of that kind of cell may be *amplified*... »; and it is at least simplistic to state (page 169) that « the metaphysics of differentiation was complicated by such mathematical ideas such as those of Turing... »; and it is certainly wrong to speak of the « informosomes » as the « ribosomes elaborated by the oocyte » (page 159).

The book is thus a mixture of many and not too well organized data, analogies often not too pertinent and pseudo-philosophical considerations.

Yet, in spite of the book's shortcomings, the Author's effort in putting together as much information as possible about the important problem of reproduction is a commendable one. So much so that some of the Chapters, such as that on « Arithmetic of Reproduction », that on « Larval Forms », that on « Offspring Care » and that on « Regulation of Numbers » are certainly good. It would be desirable that in a second edition either the number of the subjects be smaller and dealt with in depth or the Author avail himself of the cooperation of specialists in those fields he is less familiar with.

The quality of the diagrams illustrating the book is good; the quality of the Plates is fair. Yet, I cannot help noticing that photographs *b* and *f* of Plate 12 make me doubt their identification as sea urchin gastrulae; to me they look like starfish gastrulae. The list of references is adequate; the glossary is useful. Adding the list of organisms has

mare. L'indice bibliografico è adeguato; utile il glossario. Un'ottima idea è stata quella di includere la lista degli organismi. Anche l'indice per argomenti è accurato.

been an excellent idea. The subject list is also accurate.

ALBERTO MONROY

CZIHAK, G. (ed.)

The Sea Urchin Embryo Biochemistry and Morphogenesis

Springer-Verlag, Berlin, 1975
xx+700 pp., figs. and tables, DM 139,—

L'uovo di riccio di mare è l'oggetto di studio classico per molti problemi di embriologia e di fisiologia cellulare. È una cellula trasparente in cui O. Hertwig nel 1875 osservò la fusione dei due pronuclei, maschile e femminile, conseguente alla fecondazione; sulla quale H. Driesch, intorno al 1890, eseguì i famosi esperimenti di separazione dei primi blastomeri che lo condussero a formulare il concetto di totipotenza. Nel 1900 J. Loeb ottenne su questo uovo la partenogenesi sperimentale; F. R. Lillie nel decennio 1910-1920 scoperse la fertilizina, dando così origine allo studio biochimico della fecondazione. O. Warburg (1908) eseguì sempre su questo materiale gli esperimenti che lo portarono alla scoperta dei fenomeni fondamentali della respirazione. L'osservazione al microscopio della fecondazione e dei primi stadi di sviluppo, fino alla formazione della elegante larva *pluteus*, sono le prime osservazioni che si fanno fare agli studenti di un corso di embriologia. E lo spettacolo di questi primi atti della vita dell'individuo, che si svolgono rapidamente sotto gli occhi dell'osservatore, sono sempre oggetto di ammirazione non solo da parte di chi li vede per la prima volta, ma anche dell'embriologo esperto.
In questo volume sono raccolte una ventina di relazioni compilate dagli studiosi più eminenti nei vari campi, in cui si espongono i principali risultati della sperimentazione

The sea urchin's egg has provided a classical subject of study in many problems of embryology and cell physiology. It is a transparent cell in which O. Hertwig in 1875 observed the fusion of two pronuclei, one male and one female, after fertilization. H. Driesch, about 1890, used it for his famous experiments of separation of the first blastomeres, which led him to formulate the concept of totipotency. In 1900, J. Loeb obtained experimental parthenogenesis using this egg and, in the decade 1910-1920, F. R. Lillie discovered fertilizine, thus initiating the biochemical study of fertilization. O. Warburg (1908), again using this material, carried out the experiments that led him to discover the fundamental phenomena of respiration.
The microscopic observation of fertilization and the early stages of development up to the formation of the elegant *pluteus* larva are the first observations students are asked to make in an embryology course. These first few acts in an individual's life taking place so rapidly before the observer's eyes are the object of admiration not only by those who see them for the first time, but also by the expert embryologist.
Collected in this volume are a score of reports written by the most distinguished workers in the various fields setting out the main results of the experiments carried out over more than one century on the sea

che, per più di un secolo, è stata eseguita sull'uovo di riccio di mare, allo scopo di indagare vari problemi embriologici e fisiologici. Il volume si apre con una introduzione storica di S. Hörstadius. Dopo alcuni capitoli sulla tecnica dell'allevamento e delle sperimentazioni, seguono le relazioni speciali sulla gametogenesi, la fecondazione, la partenogenesi, i primi stadi di sviluppo, le ultrastrutture, la biofisica della segmentazione, gli effetti della centrifugazione, della irradiazione, gli esperimenti di isolamento e trapianto dei blastomeri, la riaggregazione dei blastomeri, i problemi della vegetalizzazione e animalizzazione, la respirazione e il metabolismo energetico e altri ancora. Gran parte delle ricerche fondamentali sull'uovo e l'embrione di riccio di mare furono eseguite alla Stazione Zoologica di Napoli; appare quindi molto appropriata la dedica del volume a quell'Istituto internazionale, che ha avuto una parte così importante nella storia della biologia nella seconda metà del secolo XIX e nella prima del XX.

urchin's egg for the purpose of investigating different embryological and physiological problems. The book begins with a historical introduction by S. Hörstadius, which is followed by several chapters on breeding and experimental techniques and special reports on gemetogenesis, fertilization, parthenogenesis, the first stages of growth, ultrastructures, the biophysics of segmentation, the effects of centrifugation and irradiation, experiments on isolating and grafting blastomeres, blastomere re-aggregation, the problems of vegetalization and animalization, respiration and energy metabolism, and more besides.
A good deal of the basic research on the sea urchin egg and embryo was carried out at the Zoological Station of Naples and so it is quite fitting that the book should be dedicated to this international institute which has played such an important part in the biology of the second half of the 19th and the first half of the 20th century.

GIUSEPPE MONTALENTI

KIEFER, J. (ed.)

Radiation and Cellular Control Processes

Series: Proceedings in Life Sciences
Springer-Verlag, Berlin, 1976
XIV+321 pp., tables, DM 72,—

Le ricerche sugli effetti biologici delle radiazioni sono risultate utili per la comprensione di alcune funzioni fondamentali a livello cellulare e nelle individuazioni delle strutture macromolecolari e dei processi metabolici. Un esempio è rappresentato dal ruolo svolto dagli studi sulla mutazione nella individuazione della funzionalità degli acidi nucleici e, più recentemente, dalla importanza dei processi di riparazione nel ciclo metabolico fondamentale della cellula stessa. A parte il valore rappresentato dal batterio *E. coli* quale mezzo biologico utilizzato nelle

Research on the biological effects of radiation have been found useful for understanding certain basic functions at cell level and for identifying macromolecular structures and metabolic processes. An example of this is the role played by mutation studies in the identification of functions of nucleic acid and, more recently, by the importance of repair processes in the basic metabolic cycle of the cell itself.
In addition to the value of the bacterium *E. coli* as a biological mean used in radiation research, among the organisms with a more

ricerche con le radiazioni, tra gli organismi a struttura cellulare più complessa e a struttura cromosomica di tipo eukariote, i lieviti sin dall'inizio delle ricerche sulle radiazioni hanno costituito un materiale molto valido per la comprensione di processi biologici. In questo volume, l'impiego dei sistemi genetici dei lieviti ha rappresentato quasi sempre il mezzo sperimentale più opportuno per lo sviluppo delle ipotesi di lavoro, nelle diverse comunicazioni di un *meeting* dedicato alla comprensione dei processi biologici conseguenti alla esposizione a radiazioni sia ultraviolette che ionizzanti. Diverse comunicazioni hanno fatto rilevare come, al contrario di *E. coli*, nei lieviti esistono processi differenziali utilizzati nella riparazione dei danni biologici provocati dalle radiazioni sia nel DNA nucleare che in quello mitocondriale: per questi processi si sono identificate oltre 30 funzioni genetiche di controllo, alcune delle quali sono state anche chiarite a livello molecolare. Queste funzioni, inoltre, controllano processi biologici di notevole rilevanza genetica, quali la ricombinazione intra- ed intergenica nei diversi stadi cellulari, oltre che i diversi processi mediante i quali si stabilizza una mutazione.

L'estensione di questi studi alle cellule di mammifero coltivate *in vitro*, già in atto da diversi anni, ha oggi permesso l'identificazione di processi di riparazione coinvolti nella sintesi del DNA nelle cellule irradiate che coinvolgono segmenti estesi sino a 800 nucleotidi circa; l'utilizzazione di fibroblasti da individui umani affetti da malattie genetiche, quali la *Xeroderma pigmentosum* (XP) ha permesso di individuare i meccanismi molecolari alla base di queste forme di patologia umana e la possibile correlazione con fenomeni cancerogeni della cellula, dimostrando così l'importanza ed il ruolo dei processi di riparazione nell'ambito cellulare.

complex cell structure and a eukaryotic type chromosome structure, the yeasts have been a very valid material in the understanding of biological processes right from the very beginning of research on radiation. In this book, the use of yeast genetic systems has always been considered the most suitable experimental means for developing the working hypotheses in the various communications read at a meeting devoted to the understandin gof the biological processes resulting from exposition to both ultraviolet and ionizing radiation.

It was pointed out in various communications that, unlike the case of *E. coli*, differential processes occur in yeasts which are used to repair the biological damage caused by radiation both in the nuclear and the mitochondrial DNA. More than 30 genetic control functions have been identified for these processes, some of which have been clarified also at molecular level. These functions control also biological processes of great genetic importance, e.g. intra- and intergenic recombination in the various cell stages, in addition to the various processes by means of which a mutation is stabilized.

The extension of these studies to mammal cells cultivated *in vitro* that has been carried out in recent years now allows the identification of repair processes involved in the DNA synthesis of the irradiated cells affecting segments extended as far as about 800 nucleotides. The use of fibroblasts from human individuals suffering from genetic diseases such as *Xeroderma pigmentosum* (XP) has made it possible to detect the molecular mechanisms underlying these forms of human pathology and the likely correlation with cancerogenous phenomena of the cell, thus demonstrating the importance of and the role played by repair processes in the cell.

NICOLA LOPRIENO

LLINÀS, R. and PRECHT, W. (eds.)

Frog Neuro-biology

A Handbook
Springer-Verlag, Berlin, 1976
XVI+1046 pp., figs. and tables, DM 450,—

Questo 'manuale' è una collezione di articoli di autori specialisti nei vari settori del sistema nervoso e degli organi di senso della rana. La scelta di questo animale è basata, come dicono gli *Editors* nella prefazione, sulla praticità e l'economia che ha spinto moltissimi neurologi a lavorare con questo materiale.

Il libro è diviso in quattro sezioni, rispettivamente sulla neurobiologia dell'apparato periferico, degli organi di senso, del sistema nervoso centrale, e dell'apparato neuroendocrino, più una sezione sulle tecniche generali sulla rana come animale di laboratorio. Ogni sezione è divisa in più capitoli, scritti da uno o più specialisti, accompagnati da una vasta ed aggiornata bibliografia.

L'elettrofisiologia dei nervi periferici è trattata da R. Stämpfli, la trasmissione neuromuscolare da J. H. Steinbach e da C. F. Stevens. La morfologia del sistema nervoso autonomo è trattata da J. Taxi e la fisiologia da B. L. Ginsborg. Un capitolo di B. Lindemann e di C. Voûte è dedicato alla struttura e funzione della pelle.

Nella seconda sezione la struttura del sistema olfattorio è di F. Scalia mentre la fisiologia è di R. C. Gesteland. Fotorecettori e pigmenti visivi sono trattati da K. O. Donne e T. Reuter, mentre la fisiologia della retina è di J. E. Dowling. La neurofisiologia del sistema visivo è di O. J. Grüsser; le vie ottiche sono trattate da F. Scalia, il tetto ottico da G. Székely e G. Lazar. Un capitolo di D. Ingle tratta del comportamento della rana agli stimoli luminosi.

La morfologia del sistema vestibolare è esposta da D. E. Hillman, mentre W. Precht si occupa della parte fisiologica. Il sistema acustico è di R. R. Capranica; il sistema gustatorio è esposto dal punto di vista morfologico da C. B. Jager e D. E. Hillman e

This handbook consists of a collection of articles by specialists in the various sectors of the nervous system and of the frog sense organs. As the editors point out in the perface, the choice of this animal is based on its convenience and cheapness which have induced a large number of neurologists to work on this material.

The book is divided into four sections, respectively on the neurobiology of the peripheral apparatus, of the sense organs, of the central nervous system and of the neuroendocrine apparatus, plus a section on general techniques using the frog as a laboratory animal. Each section is divided into several chapters written by one or more specialists and accompanied by a large and up-to-date bibliography.

The electrophysiology of peripheral nerves is treated by R. Stämpfli, neuromuscular transmission by J. H. Steinbach and C. F. Stevens. The morphology of the autonomous nervous system is treated by J. Taxi and its physiology by B. L. Ginsborg. One chapter by B. Lindemann and C. Voûte is on the structure and function of the skin.

In the second section the structure of the olfactory system is treated by F. Scalia and its physiology by R. C. Gesteland. Photoreceptors and visual pigments are treated by K. O. Donne and T. Reuter, while the physiology of the retina is by J. E. Dowling. The neurophysiology of the visual system is by O. J. Grüsser, optic pathways by F. Scalia and the optic tectum by G. Székely and G. Lazar. There is a chapter by D. Ingle on the frog's response to light stimuli.

The morphology of the vestibular system is explained by D. E. Hillman, while W. Precht deals with the physiological part. Hearing is by R. R. Capranica, while the morphology of the taste system is treated by C. B. Jager and D. E. Hillman and its

da quello fisiologico da M. Sato. Un capitolo riguarda i recettori cutanei (dolore e temperatura di D.C. Spray, mecanorecettori di W. T. Catton).
La terza sezione del libro riguarda il sistema nervoso centrale (midollo spinale: morfologia di S. O. E. Ebbesson, ultrastruttura di C. Sotelo, e I. Grofova, sinaptologia di J. I. Simpson, elettrofisiologia dei motoneuroni di P. C. Schwindt, locomozione di G. Székely e G. Czéh, riflessi spinali di L. M. Mendell e M. Hollyday).
Il tronco cerebrale è trattato dal punto di vista morfologico da R. Nieuwnhuys e P. Opdam e un capitolo di A. Huges riguarda le variazioni metamorfiche, molto notevoli negli Anuri.
Il cervelletto è trattato dal punto di vista morfologico da G. Sotelo e da quello fisiologico da R. Llinàs, P. Clairambault si occupa dello sviluppo del prosencefalo e E. Kicliter e S. O. E. Ebbesson trattano del telencefalo non olfattorio.
La quarta sezione comprende l'articolo di W. Hanke sulla neurosecrezione.
Conclude il libro la quinta sezione con l'articolo di H. K. Müller dal titolo: « La rana come animale da esperimento ».
La raccolta di queste brevi monografie sul sistema nervoso della rana, con l'ampiezza delle citazioni, rendono il libro estremamente utile a quanti si occupino di problemi neurobiologici non solo della rana ma in generale.

physiology by M. Sato. There is chapter on cutaneous receptors (pain and temperature by D. C. Spray, mechanoreceptors by W. T. Catton).
The third section of the book is on the central nervous system (spinal cord: morphology by S. O. E. Ebbesson, ultrastructure by C. Sotelo and I. Grofova, synaptology by J. I. Simpson, electrophysiology of the motoneurons by P. D. Schwindt, locomotion by G. Székely and G. Czéh, spinal reflexes by L. M. Mendell and M. Hollyday).
The brainstem is treated morphologically by R. Nieuwnhuys and P. Opdam and a chapter by A. Huges is on its metamorphic variations which are quite remarkable in the Anurans.
The cerebellum is dealt with morphologically by G. Sotelo and physiologically by R. Llinàs, P. Clairambault deals with the development of the forebrain and E. Kicliter and S. O. E. Ebbesson treat the non-olfactory telencephalon.
The fourth section includes the article by W. Hanke on neurosecretion.
The book is concluded by the fifth section with an article by H. K. Müller entitled: « The frog as an experimental animal ».
This collection of short monographs on the frog nervous system with the extensive quotations make the book extremely useful for all those interested in neurobiological problems, not only of the frog but also in general.

ALBERTO STEFANELLI

MARGALEF, R.

Ecologia

Ediciones Omega, Barcelona, 1974
xv+951 pp., figs., tables and plates, Ptas. 2.375

Prima del 1859, data di pubblicazione dell'*Origine delle specie* di Darwin, la natura, e in particolare l'insieme delle piante e degli animali, era considerata come un che di statico, di immutabile nel tempo, un giardino creato da Dio perché l'uomo ne godesse i frutti. Alcuni naturalisti avevano bensì intuito che si tratta di un sistema in equilibrio dinamico, ma la concezione dominante era rimasta quella tradizionale.

La rivoluzione darwiniana, introducendo il concetto di evoluzione basata sulla competizione vitale, minò, alle fondamenta il sistema tramandato dall'antichità e segnò la fine (almeno teoricamente) dell'antropocentrismo.

L'insieme degli organismi viventi in un dato luogo, e, per estensione, su tutta la terra, fu concepito come un sistema dinamico, il cui stato di equilibrio in un dato momento è la risultante di tutte le forze derivanti dalle attività dei singoli individui delle varie specie animali, vegetali e di microrganismi, e dei loro reciproci rapporti e delle relazioni che essi mantengono con l'ambiente fisico. Più tardi fu dato a tali sistemi il nome di ecosistemi.

Non è a dire che tutto questo sia stato immediatamente chiaro all'epoca di Darwin; al contrario, si può affermare che gli effetti di questa nuova concezione del mondo abbiano cominciato a farsi sentire in tutta la loro portata circa un secolo dopo la pubblicazione dell'*Origine*, e il processo di revisione delle idee in proposito, e soprattutto l'analisi dei fattori che intervengono e si intrecciano nella dinamica degli ecosistemi sono tuttora in corso. È presumibile che, data l'enorme complessità dei problemi, ciò durerà ancora per molti anni.

Nel clima instaurato dal darwinismo fu coniato il nome Ecologia (da οἶκος, casa) per indicare appunto la scienza che ha come oggetto di studio le relazioni degli organismi

Prior to 1859, the date of publication of Darwin's *Origin of Species*, nature, particularly the complex of plants and animals, was considered as something static and immutable in time, a garden created by God so that man could enjoy its fruits. Although a few naturalists had intuited that it consisted of a system in dynamic equilibrium, the dominant conception was still the traditional one.

By introducing the concept of evolution based on vital competition, the Darwinian revolution undermined the foundations of the system handed down from antiquity and thus marked the end (at least theoretically) of anthropocentrism.

The complex of organisms living in a given place and, by extension, on the whole earth, was conceived as a dynamic system, the state of equilibrium of which was, at any given moment, the resultant of all the forces due to the activity of the single individuals making up the various species of animals, plants and micro-organisms, and to their reciprocal relations and the relations they had with the physical environment. Later, these systems were given the name of ecosystems.

This does not mean that all this was immediately clear at the time of Darwin. Quite the contrary. It may be said that the effects of this new conception of the world began to be felt in all their force about one century after the publication of the *Origin*, and the process of revision of the related ideas, and especially the analysis of the factors involved in and bound up with the dynamics of the ecosystems are still in progress. In view of the great complexity of the problems this will probably last for many years to come.

In the atmosphere set up by Darwinism the name Ecology was coined (from οἶκος, home) in order to indicate the science whose object is the

con il loro ambiente. Come è ben noto il nome fu proposto, nel 1866, dallo zoologo tedesco E. Haeckel, a cui di devono numerosi contributi alla terminologia scientifica. Molti dei nomi proposti da Haeckel, costruiti da radici di parole greche, sono caduti in disuso, .na parecchi, fra cui Ecologia ed Etologia, hanno avuto fortuna.

Fino a pochi anni or sono il nome ecologia era conosciuto nella cerchia degli zoologi e dei botanici (in tutti i trattati di queste discipline vi era una sezione dedicata a questo argomento) nonché agli agrari (nelle Università italiane erano state istituite cattedre di ecologia agraria) ma era pressoché ignoto al pubblico. Da alcuni anni a questa parte, si è assistito alla esplosione dell'ecologia: tutti, a cominciare dai politici, ne parlano, a proposito o a sproposito, spesso identificando questa disciplina con i problemi della conservazione della natura e delle sue risorse, che, additato dai naturalisti fin dai primi decenni di questo secolo, si è finalmente imposto all'attenzione del pubblico come uno dei problemi più gravi e urgenti della società attuale.

Sono stati pubblicati, in questi ultimi anni, numerosi testi di ecologia, taluni dedicati agli studenti universitari in Scienze Biologiche, altri a un pubblico più vasto e meno specializzato. Ve ne sono, come accade, di buoni, di mediocri e di meno buoni; ma nessuno raggiunge la compiutezza e l'organicità di questo del Margalef. Esso non è semplicemente una raccolta di dati, di teorie, di speculazioni ordinatamente esposti, ma è un libro in cui si sente in ogni pagina il pensiero vigile e attento dell'autore, profondo conoscitore della materia, alla quale ha recato importanti contributi originali, sia teorici, sia sperimentali.

Dopo avere esposto, nella introduzione storica, quanto ho riassunto nelle righe precedenti, il Margalef si domanda che cosa è l'ecologia e mette in evidenza come sia difficile dare una definizione di questa disciplina, che, a differenza di altre discipline biologiche, ha a che fare con un grandissimo numero di variabili, tale da rendere difficile, in taluni casi praticamente impossibile,

study of the relations between organisms and their environment. As is well known, the name was suggested in 1866 by the German zoologist E. Haeckel, who made many contributions to scientific terminology. Many of the names suggested by Haeckel, formed from the roots of Greeks words, have fallen into disuse, but many, including Ecology and Ethology, met with success.

Until relatively few years ago the name ecology was known among zoologists and botanists (in all books on the subject there was a section on it), as well as among agronomists (in the Italian Universities chairs of ecology applied to agriculture had been set up) but was practically unknown to the public at large. Over the past few years ecology has exploded. Everyone, beginning with the politicians, are speaking about it, whether wisely or not, often equating this discipline with the problems of nature conservancy or the conservation of resources, which has finally caught the public's attention as one of the most serious and urgent problems of modern society.

Numerous text books on ecology have been published in recent years, some for university students of biological science, others for a wider and less specialised public. As is always the case some are good, some fair and others poor, but none of them attains the completeness and thoroughness of this book by Margalef. It is not simply a collection of data, of theories, of neatly illustrated speculations. It is a book on every page of which one senses the alert and watchful thought of the author, who has a deep knowledge of the subject and has made important contributions to it, both theoretical and experimental.

After his historical introduction explaining what I have just summed up here, Margalef asks himself what ecology is and goes on to show how difficult it is to define this discipline which, unlike other biological disciplines, has to cope with a huge number of variables. As a result it is difficult and, in some cases, impossible, to take them

tenere il dovuto conto di tutte contemporaneamente. Dire che l'ecologia è la biologia degli ecosistemi è una tautologia. Adottare la definizione: l'ecologia è la scienza che studia le relazioni reciproche fra il mezzo ambiente e gli organismi, o degli organismi fra di loro, è più preciso, ma l'autore ritiene che così si includa nell'ecologia una parte che più propriamente dovrebbe esser parte della fisiologia: la cosiddetta autoecologia, che però il Margalef si risolve ad includere nella sua trattazione (Prima parte: *El medio*, capitoli 1-6). In fine, egli accetta una definizione che considera piuttosto profonda anziché giocosa, come può apparire a prima vista, e che è stata originariamente applicata in forma simile alla geografia: ecologia è ciò che rimane in biologia quando tutto ciò che è realmente importante ha ricevuto un altro nome. Secondo l'autore questa definizione mette in luce il carattere essenziale dell'ecologia come scienza di sintesi. Su questo carattere l'autore insiste nella presentazione del libro e su di esso incentra tutta la trattazione.

La seconda parte è dedicata ancora ad un argomento non propriamente, o almeno non esclusivamente ecologico: la biogeografia. Seguono le parti che si riferiscono alla ecologia *sensu stricto*. Parte terza: ecologia descrittiva, cioè valutazione numerica delle popolazioni, la diversità degli organismi che si trovano in una comunità, la classificazione delle comunità. La quarta parte, che comprende i capitoli da 13 a 16, è intitolata ecologia trofica e si occupa della produzione primaria, della produzione secondaria e delle relazioni trofiche collaterali. La parte quinta (capitoli 17-20) considera l'ecologia demografica e i sistemi competitivi. La sesta (cap. 21-24) e la settima (cap. 25-26) si riferiscono rispettivamente all'ecosistema nel tempo e all'ecosistema nello spazio. La ottava e ultima comprende un capitolo di sintesi di tutta la materia trattata nelle precedenti sezioni e sviluppa qualche considerazione comparativa e speculativa, proponendo alcuni modelli di studio della dinamica degli ecosistemi.

Si tratta, come risulta anche dal semplice

all into account simultaneously. It is mere tautology to say that ecology is the biology of ecosystems. The definition that ecology is the science that studies the mutual relations between the environmental medium and the organisms, or between the organisms themselves, is more precise, but the author believes that, in this way, something that is really part of physiology is included in ecology, i.e. the so-called autecology, which, however, Margalef decides to include in his treatment (Part one: The medium, chapters 1-6). Lastly, he accepts a definition that he thinks is more penetrating than playful and that was originally applied in a similar form to geography: ecology is what is left in biology when everything that is really important has been given another name. According to the author this definition shows up the essential nature of ecology as a science of synthesis. The writer insists on this aspect in the introduction to the book and bases his whole treatment on it.

The second part is also about a subject that is not really or at least not exclusively, ecological, i.e. biogeography. Then come the parts on ecology *sensu stricto*: Part three: descriptive ecology, i.e. numerical evaluation of populations, the differences between organisms in a community, the classification of communities. The fourth part, comprising chapters 13 to 16, is entitled trophic ecology and deals with primary production, secondary production and collateral trophic relations. Part five (chapters 17-20) deals with demographic ecology and competitive systems. The sixth (ch. 21-24) and seventh (ch. 25-26) deals respectively with the ecosystem in time and the ecosystem in space. The eighth and final part contains a chapter summing up all subject matter dealt with in the preceding sections and advancing a few comparative and speculative considerations, also suggesting a few models for the study of the dynamics of ecosystems.

As can be seen even from this simple summary the book is an extensive work, and

sommario che ho riportato, di un'opera di ampio respiro, originale per quanto può esserlo un trattato sintetico, sia nell'impianto, sia nella analisi dei vari aspetti dell'ecologia. Anche la parte analitica rivela una profonda e diretta partecipazione dell'autore a tutta la complessa e varia problematica. Le indicazioni bibliografiche, alla fine di ogni capitolo, sono molto abbondanti e pertinenti, e così pure le illustrazioni, molte delle quali sono state ridisegnate come schemi a più colori.
Per le caratteristiche suaccennate, il libro risulta di gradevole e stimolante lettura in ogni sua parte. È quindi prezioso anche per gli specialisti in ecologia, che trovano qui una grande quantità di informazioni, e, soprattutto, una visione panoramica, sintetica della vastissima e multiforme materia. L'unico dubbio che suscita la lettura di quest'opera, è se essa possa ritenersi adatta come testo per gli studenti, così come l'autore propone. Evidentemente gli studenti della Università di Barcellona non si spaventano di un testo di queste dimensioni, in cui i problemi sono trattati con tanta profondità.

as far as possible in a synthetic treatment, also original in both its approach and the analysis of the various aspects of ecology.

Also the analytical part reveals that the author has been deeply and directly involved in all the complex and varied problems treated. The bibliographic references at the end of each chapter are abundant and relevant, as are the illustrations, many of which have been redrawn as multicoloured diagrams.
Owing to these features the book is easy to read and stimulating in all its parts. It is thus invaluable also for specialists in ecology, who will find in it a large number of facts and above all an overall, synthetic view of this vast, multiform subject. The only doubt raised by a reading of this work is whether it is really suitable for sudents as the author claims. Apparently the students of the University of Barcelona are not put off by a text book of this size in which the problems are treated so profoundly.

GIUSEPPE MONTALENTI

PEARSON, R. and PEARSON, L.

The Vertebrate Brain

Academic Press, London, 1976
xi+744 pp., figs. and tables, £23.00

Il cervello dei vertebrati è trattato in questo libro con una visione unitaria morfofunzionale sulla base evolutiva desumibile dalla successiva comparazione delle classi dei vertebrati.
Sono trattati con ordine il midollo allungato, il cervelletto, il mesencefalo, il diencefalo e il telencefalo, dando un maggior sviluppo, come era giusto fare, alla evoluzione degli emisferi cerebrali e alla evoluzione della corticalizzazione.
È tuttavia difficile — e non si capisce per-

The vertebrate brain is treated in this book from a unitary morpho-functional standpoint on the evolutionary basis that can be deduced from the successive comparison of the vertebrate classes.
Methodical treatment is given to the medulla oblongata, the cerebellum, the mesencephalon, the diencephalon and the telencephalon, with greater stress rightly being laid on the evolution of the cerebral hemispheres and the evolution of corticalization.
However, it is difficult, and it is curious

ché non sia stato fatto — trattare del cervello senza parlare del midollo spinale con cui costituisce una sola unità organica. Anche la mancanza di almeno una premessa sui vari recettori rendono l'opera difficile per lo studente e utile solo a chi ha già una buona base di conoscenze sul sistema nervoso in generale.
L'accostamento sperimentale, ricco di riferimenti bibliografici, che accompagna la trattazione anatomo-comparativa di ogni sezione dell'encefalo rendono invece molto utile il libro a chi si occupa di problemi di neurologia comparata.

that this has not been done, to treat the brain without mentioning the spinal cord with which it forms a single organic unit. The lack too of at least a premise on the various receptors makes the book difficult for the student and useful only to those having a good grounding in the nervous system in general.
The experimental comparison abounding in bibliographic references accompanying the comparative anatomy treatment of each section of the brain makes the book extremely useful for anyone interested in problems of comparative neurology.

ALBERTO STEFANELLI

ABBOTT, I.A. and HOLLENBERG, G.J.

Marine Algae of California

Stanford University Press, Stanford, 1976
XII+827 pp., figs., $22.50

Questo trattato di Abbott ed Hollenberg estende a tutta la California quanto già fatto da Smith per il territorio di Monterey (Smith, G. M., *Marine Algae of the Monterey Peninsula*, California, Stanford, 1944). Già nel 1966 gli Autori avevano fatto un supplemento al trattato di Smith, che poi, nel 1969, era stato incorporato in una seconda edizione dello stesso trattato.
Oltre allo scopo di estendere le conoscenze sulle macroalghe a tutta la costa californiana, gli Autori si sono proposti un completo aggiornamento di tutti i nuovi reperti, che sono abbondanti, dovuti anche ai grandi progressi dell'esplorazione subacquea, che consente, fra l'altro, di scoprire organismi le cui caratteristiche possono mettere in questione i tradizionali sistemi di classificazione. A questo riguardo gli Autori mettono in particolare evidenza anche l'importanza di nuovi caratteri diagnostici, acquisiti attraverso i mezzi di indagine che le tecniche più recenti mettono a disposizione; per es., nelle alghe verdi viene segnalata la nuova classe delle Prasinophyceae, nella quale il microscopio elettronico ha messo in luce particolarità ultrastrutturali, che consi-

This book by Abbott and Hollenberg extends to the whole of California what had already been done for the Monterey area (Smith, G. M., *Marine Algae of the Monterey Peninsula*, California, Stanford, 1944). In 1966 the authors had already added a supplement to Smith's work which, in 1969, was incorporated in a second edition of the book itself.
In addition to the aim of extending knowledge of macroalgae to cover the whole of the Californian coast, the authors set out to provide a complete updating of all the abundant new finds made possible also by the great progress in underwater exploration, which has led to the discovery of organisms whose characteristics may upset traditional classification systems.
The writers on the other hand stress the importance of new diagnostic characters acquired by the use of research tools made available by the latest techniques, e.g. among the green algae the new class of the Prasinophyceae would seem to be distinct from the class of the Chlorophyceae after the electron microscope has revealed its ultrastructural details.

gliano la sua separazione dalla classe delle Chlorophyceae.
Il trattato è particolarmente diretto a quei ricercatori che si interessano di alghe soprattutto dal punto di vista della ricerca ultrastrutturale e biochimica, nonché per la loro utilizzazione. (A questo proposito si può segnalare che nel prossimo agosto 1977 vi sarà proprio a Santa Monica di California un congresso che ha per tema l'*Utilizzazione farmaceutica delle alghe marine*). In ultima analisi, gli Aa. si propongono di mettere in grado i ricercatori di determinare le alghe senza essere particolarmente istruiti nella loro tassonomia e nel loro sviluppo ontogenetico. E si può veramente dire che raggiungono lo scopo in pieno, pur senza indulgere in niente per quanto riguarda le precise regole imposte dalla tassonomia. Basti ricordare che segnalano anche la località del tipo di ciascuna specie.
L'ambito del trattato riguarda esclusivamente le macroalghe. Le Chrysophyta vengono ricordate solo per quanto riguarda il genere Vaucheria; seguono poi le Chlorophyta, le Phaeophyta e le Rhodophyta. La trattazione sistematica viene fatta molto accuratamente e procede dalla divisione (*phylum*) alla classe, all'ordine, alla famiglia, al genere ed infine alla specie. Solo per le Fucales e per le Corallinaceae vengono considerati in qualche caso *taxa* sottospecifici. Una particolarità da segnalare è la presenza in fondo al trattato di una chiave analitica che porta direttamente ai generi, una volta accertato — ciò che può farsi in maniera piuttosto semplice — se si tratta di alga verde o di alga bruna o di alga rossa.
Sono intercalate nel testo 699 figure in bianco e nero, assai finemente disegnate, che presentano l'insieme di un esemplare della specie trattata e, a parte, i caratteri su cui si basa la sua determinazione.
Molto utile è la presenza di un glossario. All'inizio del trattato, dopo l'introduzione degli Autori, si trova un capitolo molto interessante, a carattere storico, di G. F. Papenfuss, dal titolo: *Landmarks in Pacific North American Marine Phycology*.

The book is intended in particular for those workers who are interested in algae mainly from the standpoint of ultrastructural and biochemical research, as well as their utilization. (In this connection, next August 1977 a congress on the subject of *The Pharmaceutical Use of Marine Algae* will be held in Santa Monica in California). Basically the writers set out to enable workers to identify algae without any specialist knowledge of their classification or their ontogenetic development. Their aim can be said to have been fully achieved without making any concessions as regards the precise rules of taxonomy. Suffice it to say that they even report the locality of the type of each species.

The scope of the book comprises exclusively the macroalgae. The Chrysophyta are only mentioned in connection with the genus Vaucheria. Then come the Chlorophyta, Phaeophyta and Rhodophyta. The systematic treatment is very precise and goes from the division (*phylum*) to the class, the order, the family, the genus and lastly the species. Only for the Fucales and the Corallinaceae are subspecific *taxa* considered in a few cases. One noteworthy feature is the analytical key at the back of the book directly giving the genera once it has been ascertained (which is rather easy to do) whether they are green, brown or red algae.

The book contains 699 very accurately drawn black and white figures giving an overall presentation of the specimen of the species illustrated and, separately, the characters by which it can be identified.
The inclusion of a glossary is very useful. At the beginning, after the author's introduction, there is a very interesting chapter of a historical nature by G. F. Papenfuss entitled: *Landmarks in Pacific North American Marine Phycology*.

ELEONORA FRANCINI CORTI

SAUNDERS, D. S.

Insect Clocks

Series: International Series in Pure and Applied Biology, Division Zoology, Vol. 54
Pergamon Press, Oxford, 1976
VIII+279 pp., figs. and tables, $18.50

« È cosa notissima che, a riserva dell'uomo, quasi tutti gli animali si trovano avere per ciascun anno dei tempi determinati per la generazione » scriveva Lazzaro Spallanzani nel 1780. Questo grande sperimentatore e osservatore dei fenomeni naturali aggiungeva che, mentre per alcuni animali la temperatura ambiente sembra essere il fattore determinante, per altri la funzione riproduttiva rispetta il calendario astronomico, indipendentemente dalle variazioni termiche. Dovettero trascorrere quasi due secoli prima che il problema delle cause dei ritmi biologici fosse affrontato scientificamente.

I ritmi biologici, che si riferiscono a varie attività dell'organismo, sono per lo più in sincronia con i ritmi cosmici: il ciclo giornaliero di luce e oscurità, i ritmi lunari, a periodicità mensile, i ritmi annuali, in concordanza con le stagioni. Per molto tempo si è ritenuto che tali ritmi fossero direttamente determinati, nell'individuo e nelle popolazioni, dal variare dei fattori esterni. Ma quando si cominciò a sperimentare si vide, ad esempio, che alcuni ritmi giornalieri (chiamati anche ritmi circadiani, perché hanno un periodo all'incirca eguale a quello del giorno: 24 ore) permanevano anche quando gli individui venivano tenuti in condizioni costanti, per esempio nell'oscurità completa. Per quanto riguarda i ritmi annuali (attività rirpoduttiva e sua sospensione; diapausa negli insetti, ecc.) si constatò che, in molti animali, essi si instaurano se in laboratorio si dà un determinato segnale (per esempio riduzione delle ore di luce) anche in una stagione diversa da quella che è in atto in natura.

L'elenco bibliografico che si trova in fondo a questo libro comprende pochi lavori precedenti al 1960; la quasi totalità delle pub-

« It is common knowledge, that, except for man, almost all animals happen to have for each year definite times for procreation » wrote Lazzaro Spallanzani in 1780. The great experimenter and observer of natural phenomena added that, while the decisive factor for some animals seemed to be the environment temperature, for others the reproductive function follows the astronomic calendar and not the thermal variations. Nearly two centuries were to pass before the problem of the cause of biological rhythms was approached scientifically.

Biological rhythms related to various activities of the organism are mostly synchronized with cosmic rhythms, i.e. the daily cycle of light and darkness, the moon's monthly rhythm, the annual rhythms connected with the seasons. For a long time these rhythms were believed to be directly determined in the individual and in populations by variations in external factors. However, when experimentation began it was observed, for instance, that several daily rhythms (also called circadian rhythms because their period corresponds roughly to one day or 24 hours) remained unchanged even when the individuals were kept in constant conditions, i.e. in complete darkness. As far as annual rhythms are concerned (reproductive activity and its interruption, insect diapause, etc.), it was found that in many animals they were set up in the laboratory when a certain signal was given (e.g. the reduction of daylight hours) even in a different season to the one actually in progress in nature.

The bibliography at the end of this book includes very few works published prior to 1960. This shows that this research approach has been developed mainly over

blicazioni è successiva a tale anno. Ciò dimostra che questo indirizzo di ricerca si è sviluppato soprattutto negli ultimi anni. La constatazione più importante è che la massima parte degli organismi studiati da questo punto di vista possiede un 'orologio endogeno', per quanto riguarda i ritmi circadiani e un 'calendario endogeno' per quanto concerne i ritmi annuali. Per lo più si richiede un segnale di avvio, che proviene dall'esterno, e poi l'organismo agisce secondo il ritmo endogeno. Il segnale è necessario per assicurare il sincronismo con il ritmo della rotazione della terra sul proprio asse, o del suo movimento intorno al sole. In questo modo, l'organismo non è soggetto a influenze immediate di fattori esterni (quale per es. la temperatura, o il grado di umidità) ma si mette in fase con ritmi ad andamento più costante, quale il ritmo stagionale, caratterizzato dal foto-periodo, cioè dal rapporto ore luce/ore buio, che, tranne che ai poli e all'equatore, varia regolarmente di giorno in giorno.

I ritmi endogeni, in ciascun individuo, sono determinati geneticamente, e sono il risultato di un processo di selezione naturale, che ha adattato gli organismi all'ambiente nel quale vivono: ambiente in cui (salvo poche eccezioni come le profondità abissali, o le caverne) i fattori fisici sono caratterizzati da variazioni ritmiche.

Molti sono i problemi aperti in questo interessantissimo campo di indagine. Il libro del Saunders tratta esclusivamente degli orologi e dei calendari interni degli insetti, che sono fra gli animali più studiati sotto questo aspetto. Esso dà un quadro abbastanza completo di quanto si sa su questi argomenti, e riporta un'ampia bibliografia. Assai utili sono anche il glossario relativo a questo ramo della biologia tuttora in via di evoluzione, e la lista delle specie d'insetti in cui sono state dimostrate attività ritmiche, o controllo fotoperiodico.

the past few years. The most important observation is that the majority of organisms studied have an 'endogenous clock' as far as the circadian rhythms are concerned and an 'endogenous calendar' as far as the annual ones are concerned. Mostly what is needed is a starting signal from the outside and then the organism acts according to its endogenous rhythm. The signal is necessary to ensure synchronism with the rhythm of the earth's rotation on its axis or its movement round the sun. In this way, the organism is not subject to the immediate influence of external factors (e.g. temperature or humidity) but is synchronized with rhythms having a more constant behaviour, e.g. the seasonal rhythm which is characterized by the photoperiod, i.e. the light-darkness ratio, which except at the poles and at the equator varies regularly from day to day.

The endogenous rhythms in each individual are determined genetically, and are the result of a process of natural selection by means of which the organism has adapted to the environment in which it lives. Except in very few cases, e.g. the abyssal depths or caves, the physical features of this environment are characterized by rhythmical variations.

Many problems are still open in this very interesting field of inquiry. Saunders' book deals exclusively with the internal clocks and calendars of insects, which are among the animals more frequently studied from this standpoint. It gives a fairly complete treatment of these subjects and contains an extensive bibliography. Also very useful are the glossary on this still developing branch of biology, and the list of insect species in which rhythmic activities or photoperiodic control have been observed.

GIUSEPPE MONTALENTI

PEBERDY, J. F., ROSE, A. H., ROGERS, H. J. and COCKING, E. C. (eds.)

Microbial and Plant Protoplasts

Academic Press, London, 1976
XII+370 pp., figs. and tables, £7.80

Gli studi sulla produzione di protoplasti, iniziati negli anni '50, si sono moltiplicati nell'ultimo periodo soprattutto in seguito allo sviluppo esponenziale delle conoscenze nel campo della manipolazione del materiale genetico. Il volume in esame quindi assume un significato positivo solo in quanto offre un riassunto delle conoscenze attuali in termini di tecniche di estrazione e di struttura dei protoplasti, base utile e necessaria per impostare del lavoro di ricerca più approfondita. Va subito notato che questa raccolta di comunicazioni presentata al 4° Simposio internazionale sui protoplasti da lieviti e da altri organismi soffre di un vizio di base, che è appunto quello di limitarsi alla descrizione di questo tipo di osservazioni, dicendo invece abbastanza poco sui vantaggi della utilizzazione dei protoplasti per la soluzione di problemi biologici generali. Si ha quindi l'impressione che anche in questo come in altri casi in biologia il mezzo per la ricerca tenda a diventare il fine. Per cui questo volume più che essere dichiaratamente qualcosa di simile ad un manuale da usare come strumento di lavoro tende a diventare un trattato di 'protoplastologia'.
La prima parte del Simposio descrive in modo abbastanza dettagliato le tecniche di isolamento e soprattutto la struttura fine delle membrane, e le caratteristiche chimico fisiche di protoplasti isolati da batteri, Candida, funghi filamentosi, piante superiori. È nelle parti successive però che più vive si fanno le contraddizioni cui si accennava precedentemente. Alcune comunicazioni infatti riportano i dati esistenti sull'interazione fra macromolecole (DNA, virus) e protoplasti, rivelando notevoli carenze nelle ricerche finora effettuate. Si tende quindi a concludere indicando soltanto, per quanto

Studies on protoplast production, which began in the 'fifties, have recently increased in number especially as a result of the exponential growth in knowledge in the field of handling genetic material. The present book takes on a positive significance only in that it offers a summary of current knowledge in terms of extraction techniques and protoplast structure, a useful and necessary basis for further research work. It must be remarked from the outset that this collection of communications presented at the 4th International Symposium on Protoplasts from yeasts and other organisms has the basic defect of being restricted to a description of this type of observations and has relatively little to say about the advantages of using protoplasts to solve general biological problems. The impression one gets here, as in other cases in biology, is that the research tools tend to become goals. Consequently, rather than being openly a kind of handbook to be used as a work tool this book tends to be a treatise on 'protoplastology'.
The first part of the Symposium gives a fairly detailed description of isolation techniques and especially of membrane fine structure, as well as of the physico-chemical characteristics of protoplasts extracted from bacteria, Candida, filamentous fungi, and higher plants. It is in the later sections, however, that the contradictions mentioned above become more noticeable. In fact, other communications contain the existing data on the interaction between macromolecules (DNA, viruses) and protoplasts, and reveal the large gaps existing in the research carried out so far. There is thus a tendency to conclude merely by indicating as far as possible a few lines of future research.

possibile, alcune vie di indagine futura. Per quanto riguarda l'interazione virus-batteri ad esempio, Young *et al.* fanno notare l'utilità dell'uso dei protoplasti per l'estrazione di DNA ad alto peso molecolare, per lo studio del controllo genetico nelle forme *L*, per l'analisi delle prime fasi dell'infezione fagica. Nel caso dei funghi Pallett pone l'accento su alcuni problemi irrisolti nell'infezione da parte di virus specifici. Infine, in una comunicazione sulla trasformazione nelle piante Hess, si limita a riportare alcuni esperimenti per ora per niente conclusivi, terminando il lavoro con una enunciazione delle difficoltà esistenti e giungendo ad affermare che « ci si potrebbe chiedere perché uno scienziato maturo si impegni in ricerche apparentemente così poco gratificanti ». Analogamente i lavori successivi che riguardano la fusione fra protoplasti, sono sostanzialmente descrittivi dei risultati raggiunti e delle strutture dei prodotti di fusione, e questo tanto più gravemente in quanto già all'epoca del simposio in questione erano noti alcuni dati di genetica degli ibridi, per lo meno per quanto riguarda le piante non citate nella comunicazione specifica esposta da Cocking. Il volume termina quindi con un sommario dei dati esistenti sui meccanismi di riformazione della parete in protoplasti isolati.

In conclusione ci sembra giusto affermare che la branca di ricerca trattata fosse, almeno all'epoca del simposio (1975), ancora allo stadio preparativo di una vera ed approfondita ricerca biologica.

As far as virus-bacteria interaction is concerned, for instance, Young *et al.* point out the utility of using protoplasts for high molecular weight DNA extraction, in studying genetic control in the *L* forms and in analysing the primary phases of the phagic infection. For fungi Pallett emphasizes several unsolved problems in infection by specific viruses. Lastly, in a communication on transformation in plants, Hess restricts himself to reporting a few experiments whose results are so far anything but conclusive, ending the article with a statement of existing difficulties and adding that « it might be wondered why a mature scientist engages in such apparently ungratifying research ». Likewise the later articles on fusion between protoplasts are basically descriptions of the results obtained and of the structures of the fusion products. This is all the more serious as, at the time of this symposium, a few of the data concerning hybrid genetics were already hnown, at least in relation to the plants not quoted in the specific communication published by Cocking. The book thus ends with a summary of existing data on the mechanism of re-formation of the wall of isolated protoplasts.

In summary the conclusion can be drawn that the branch of research treated was, at least at the time of the symposium (1975), still at a stage preparative to a true and thorough biological research.

MARCELLO BUIATTI

HARZ, K. and KALTENBACH, A.

Die Orthopteren Europas,
Vol. 3

Series: Series Entomologica, Vol. 12
Dr. W. Junk b.v. Publishers, The Hague, 1976
434 pp., figs., Dfl. 140,—

È uscito recentemente il terzo volume del *Die Orthopteren Europas*: si tratta dell'attesa ultima parte di un'opera grandiosa, di mole notevole e di notevole valore, edita, come molte altre opere specialistiche di grosso impegno, da W. Junk. Con questo volume viene così completata la realizzazione della Fauna degli Ortotteroidei di tutta l'Europa geografica, con ampi riferimenti anche alle regioni limitrofe nordafricana, anatolica e palestinese; opera quindi di evidente utilità per qualsiasi ricerca faunistica e sistematica, ma anche ecologica od applicativa, su questo gruppo di insetti di notevole importanza.
Gli Autori sono noti e validi specialisti di Ortotteroidei; la bibliografia consultata e riportata è praticamente completa, anche con lavori poco conosciuti o di difficile reperimento; quindi il bagaglio di notizie e di informazioni è enorme e di estrema utilità per coloro che ne debbono fruire.
Nei primi due volumi erano trattati gli Ortotteri in senso stretto (nel primo gli Ensiferi, nel secondo i Celiferi); qui sono trattati i Fasmoidei, i Dermatteri, i Mantoidei, i Blattoidei, gli Isotteri; si trova poi un capitolo di Addenda al primo volume, con una interessante nota di M. J. Samways con la chiave per il riconoscimento in base ai caratteri del canto (oscillogrammi) di cinque specie critiche di *Platycleis* della Francia meridionale; un altro capitolo di Addenda al secondo volume; un breve epilogo sui problemi sistematici e biologici degli Ortotteroidei d'Europa, con notizie anche sulle tecniche per la migliore utilizzazione tassonomica dei caratteri morfologici; seguono quindi una ricca bibliografia generale, una bibliografia specifica sui Saginae ed una sui Mantoidei, ed infine un

A recent publication is the third volume of *Die Orthopteren Europas*, the much awaited final section of a great and precious work published, like many other very serious specialist books, by W. Junk. This volume completes the Orthopteroid fauna of the whole of geographic Europe with many references also to the neighbouring North African, Anatolian and Palestinian regions. It is obviously a useful work for any faunistic and taxonomic research, so also for ecological and practical applications, concerning this very important group of insects. The authors are widely acknowledged as Orthopteroid specialists. The bibliography they have referred to and listed is practically complete, and includes works that are virtually unknown or hard to obtain. It thus provides a mine of very useful data and information for those needing them.
The first two volumes dealt with Orthoptera in the strict sense of the term (in the first the Ensifera, in the second the Caelifera). The present one deals with the Phasmoptera, Dermaptera, Mantodea, Blattoptera, Isoptera. There is also a chapter of Addenda to the first volume with an interesting note by M. J. Samways containing the key for the recognition on the basis of song characteristics (oscillograms) of five critical species of *Platycleis* of southern France. There is also a chapter of Addenda to the second volume, a short summary of taxonomic and biological problems relating to European Orthopteroidea with information on the techniques for the most satisfactory taxonomic utilization of morphological characters. This is followed by an extensive general bibliography, a specific bibliography on the Saginae and one on the Mantodea. Lastly, there is an

indice alfabetico dei nomi di generi e di specie, compresi i sinonimi.
Particolare ed interessante carattere dell'opera è il doppio testo, in tedesco ed in inglese, delle descrizioni (fino a livello di genere) e delle chiavi analitiche per il riconoscimento delle specie, che mi pare estremamente utile e comodo; le descrizioni delle singole specie però sono solo in tedesco, e questo, se pur necessario per non eccedere nella mole del lavoro, è senza dubbio una limitazione alla immediata utilizzazione delle numerose notizie ivi inserite. Le figure (ben 1200!) sono piuttosto chiare, anche se non tutte bellissime ed a volte semplici schizzi; particolarmente buone mi sono sembrate le illustrazioni relative ai Mantoidei.
Occupandomi io particolarmente di Dermatteri, ho esaminato questo capitolo con particolare interesse e con particolare attenzione critica: e mi è sembrato molto ben fatto e molto utile allo specialista. I pochi difetti riscontrati sono forse inevitabili in un'opera di questo impegno: qualche sinonimia affrettata (ad es. *Labidura confusa* tra i sinonimi di *Labidura riparia*, mentre è un'ottima specie ben differenziata), qualche *status* tassonomico non chiaro (ad es. *Pseudisolabis kosswigi* come sinonimo di *Isolabella graeca* è una sinonimia nuova, degli Autori stessi, o precedente? ed in tal caso, di chi?), qualche accettazione acritica di dati bibliografici non validi (ad es. *Forficula aprutiana* inserita nelle tabelle e nel testo tra le specie valide) ed infine qualche carenza nelle geonemie (soprattutto per Italia e Turchia); viene poi ignorato un lavoro monografico di Weidner, 1957, sui Dermatteri di Turchia. Inoltre, ma questo è comune anche alle altre parti del volume ed ai volumi precedenti, un difetto, a mio avviso evitabile con una maggiore attenzione nella pubblicazione, e non imputabile forse agli Autori, è la presenza di numerose piccole imprecisioni di grafia, di dizioni non corrette nella trascrizione di nomi di località o di nomi di autori, di date di raccolta, o di riferimenti bibliografici o di illustrazioni. Si tratta di piccoli errori,

alphabetical index of genus and species names, including synonyms.
A curious and interesting feature of the work is the dual German-English text of the descriptions (up to genus level) and of the analytical keys for species identification, which I think is very useful and convenient. However, the descriptions of the single species are only in German and, although necessary to keep the book within workable size, this certainly restricts immediate accessibility to the numerous data contained in it. The figures (as many as 1200!) are fairly clear, although not particularly attractive and occasionally in the form of simple sketches. The quality of the Mantodea illustrations is particularly high.
As I am particularly concerned with Dermaptera, I examined this chapter with special interest and critical attention. I found it to be well done and very useful for the specialist. The small number of flaws in it are perhaps inevitable in a work of this size: a few cases of hasty synonymy (e.g. *Labidura confusa* among the synonyms of *Labidura riparia*, while it is an excellent, separate species), of doubtful taxonomic status (e.g. is *Pseudisolabis kosswigi*, as a synonym of *Isolabella gracca*, a new one, by the authors themselves, or pre-existing? and in the latter case, by whom?), some occasional acritical acceptation of incorrect bibliographic data (e.g. *Forficula aprutiana* included among valid species in the tables and the text) and, lastly, a few cases of deficient geonemy (especially for Italy and Turkey). A monograph by Weidner written in 1957 on the Dermaptera in Turkey is not mentioned. In addition, but this is something that can be found in other parts of the volume and in the preceding volumes, a defect that could have been avoided by taking greater care during the publication and perhaps not due to the authors themselves, is the existence of numerous small spelling mistakes, inaccuracies in the transcriptions of place and author names, collection dates, bibliographic references or illustrations. These are only small errors,

ma che hanno un certo peso in un lavoro sistematico e faunistico, in cui è necessaria una estrema precisione in tutti i dettagli. A mio giudizio, anche se con queste piccole imprecisioni, su cui mi sono voluto appositamente soffermare e che ritengo soprattutto di carattere editoriale, e che dovrebbero essere corrette in eventuali riedizioni, si tratta comunque di un'opera valida e di notevole impegno. Unico difetto, è il prezzo, che ritengo decisamente troppo elevato.

but they are somewhat important in a taxonomic work and faunistic, in which it is necessary to be extremely accurate in all details.
Despite these small inaccuracies, which I have made a special point of mentioning and which I believe to be editorial in nature and thus correctable in later editions, it is nevertheless a valid and very appreciable book. The only disadvantage is the price which I find is far too high.

AUGUSTO VIGNA TAGLIANTI

HEITEFUSS, R. and WILLIAMS, P. H. (eds.)

Physiological Plant Pathology

Series: Encyclopedia of Plant Physiology, New Series, Vol. 4
Springer-Verlag, Berlin, 1976
xx+890 pp., figs. and tables, DM 194,—

Il trattato in questione, a parte la mole di dati presentati e la esauriente discussione di ogni capitolo, assume un notevole valore anche se visto nell'ambito della discussione scientifico-filosofica generale, e in particolare del dibattito sul riduzionismo molto vivace negli ultimi anni.

Si tratta infatti di una serie di saggi che tende a presentare (e a documentare) una visione dialettica del rapporto ospite-parassita che vede nella interazione fra questi due fattori la base della estrinsecazione della malattia, rifiutando quindi la vecchia polemica fra 'autogenisti' e 'patogenisti'. Dopo una introduzione generale che fa appunto riferimento a questi concetti e quindi alla natura stessa della 'patologia vegetale fisiologica' si parte da una analisi della induzione della malattia vista dalla parte del patogeno.

Anche in questa parte non viene mai persa di vista la visione generale cui si accennava precedentemente. Infatti dopo due capitoli (Allen, P. J., Staples, R. C. e Yaniv, Z.) in cui si analizzano i processi relativi alla germinazione delle spore e il meccanismo di attivazione del metabolismo proteico e degli acidi nucleici in questa fase, si passa subito a descrivere (Mitchell, J. E.) l'interazione fra questi fenomeni e la sfera di azione dei semi e delle radici nel terreno. Semi e radici che esercitano spesso una importante azione di stimolo per l'inizio dell'attacco, ed hanno azione inibente solo nel caso di genotipi resistenti creatisi in seguito ad una precisa risposta selettiva. Per cui si può dire, con l'autore di questo capitolo, che l'unità ospite parassita si attua anche senza che ci sia contatto fisico fra i due soggetti.

Il terzo gruppo di lavori, che riguarda la

Quite apart from the abundant data presented and the exhaustive discussion in each chapter, this treatise is of considerable interest even when viewed in the context of general scientific-philosophic discussion, particularly as regards the debate on reductionism very lively in recent years.

It consists of a series of essays tending to present (and to support) a dialectical view of the host-parasite relationship according to which these two factors form the basis of the disease's expression, thereby rejecting the old controversy between 'autogenists' and 'pathogenists'. After a general introduction referring precisely to these concepts and thus to the very nature of 'physiological plant pathology' the starting point chosen is an analysis of the induction of the disease seen from the standpoint of the pathogen.

Also in this section the overall conception mentioned above is kept constantly in mind. In fact the two chapters (Allen, P. J., Staples, E. C. and Yaniv, Z.) in which the processes connected with spore germination and the activation mechanism of protein and nucleic acid metabolism in this phase are analysed are followed by a description (Mitchell, J. E.) of the interaction between these phenomena and the sphere of action of the seeds and roots in the soil. These seeds and roots often have an important stimulating effect as regards the beginning of the attack and an inhibiting effect only in the case of resistant genotypes created as a result of a definite selective response. One must thus agree with the author of this chapter that host-parasite unity is achieved even without any physical contact between the two subjects.

citologia e fisiologia della penetrazione e dell'insediamento dei parassiti, è di natura essenzialmente descrittiva prevalendo ancora in questo campo l'analisi citologica su quella fisiologica, anche se vengono riportati alcuni dati di notevole interesse sull'instaurazione di meccanismi strutturali di difesa, soprattutto per quanto concerne le infezioni batteriche.

Il quadro dell'azione del parassita viene completato da cinque capitoli che affrontano il problema dei meccanismi attivi di alterazione del metabolismo della pianta. Vengono quindi analizzati criticamente i dati esistenti sulla emissione di tossine divise giustamente in specifiche e aspecifiche. Le prime (Scheffer, R. P.) sono sostanze a basso peso molecolare che esercitano azione tossica solo su piante ospiti, mentre non hanno effetto sulle specie suscettibili e sui genotipi resistenti di queste. Queste tossine sembrano agire su siti recettori specifici la cui esistenza è sotto controllo genetico ed è strettamente correlata con la suscettibilità.

Le seconde invece, molto più numerose (sono noti oltre 120 composti prodotti da 115 patogeni diversi) non sembrano presentare caratteristiche strutturali omogenee né agire secondo meccanismi simili e danno quindi l'impressione di non derivare da fenomeni di selezione del parassita che abbiano avvantaggiato i genotipi produttori. Aspecifici in questo senso sembrano essere anche gli enzimi di degradazione delle pareti e delle membrane cellulari, anche se in qualche caso appaiono condizione essenziale per l'azione del patogeno.

L'ultimo capitolo di questo gruppo infine riassume i dati esistenti sui tumori indotti da Agrobacterium tumefaciens, il sistema in cui l'interazione fra ospite e parassita assomiglia di più ad un fenomeno di simbiosi. In questo caso infatti pare ormai dimostrato che la formazione del tumore derivi non dal batterio in se stesso ma da un plasmidio che integrato o meno nel genoma della pianta ne altera il metabolismo portando così alla sdifferenziazione dei tessuti colpiti. Questo stato tumorale è del resto re-

The third group of articles, on the cytology and physiology of parasite penetration and settlement, is basically descriptive in nature. Here too cytological analysis predominates over physiological analysis even though some very interesting data are given on the setting up of structural defence mechanisms, especially in the case of bacterial infection.

The general picture of parasite action is completed by five chapters on the problem of the active mechanisms altering plant metabolism. A critical analysis is thus made of existing data on the emission of toxins which are rightly divided into specific and aspecific. The first (Scheffer, R. P.) are low-molecular weight substances exerting a toxic effect only on host plants, while they do not affect the non susceptible species and resistant genotypes of the former. These toxins seem to act on specific receptor sites the existence of which is genetically controlled and closely correlated with susceptibility.

The toxins belonging to the latter type are much more numerous (more than 120 compounds produced by 115 different pathogens are known) and do not appear to have homogeneous structural characteristics nor to act according to similar mechanisms. They thus give the impression of not being derived from selection phenomena of the parasite favouring the producer genotypes. Also apparently aspecific in this sense are the degradation enzymes of the cell walls and membranes even though in some cases they appear to be an essential condition for pathogen action to occur.

The last chapter in this section summarizes existing data on tumours induced by Agrobacterium tumefaciens, the system in which host-parasite interaction most closely resembles a phenomenon of symbiosis. In fact, in this case, it now appears to have been demonstrated that tumour formation is not due to the bacterium itself but to a plasmidium which, whether integrated in the plant genome or not, alters its metabolism, thus bringing about the de-differentiation of the tissues affected. More-

versibile, fenomeno questo caratteristico della maggiore plasticità dei vegetali nei confronti degli animali. Si affronta poi la risposta metabolica e strutturale dell'ospite passando dalle alterazioni della permeabilità a quelle del bilancio idrico, del ciclo del carbonio, degli acidi nucleici, delle proteine, degli ormoni, degli enzimi ossidativi, e alla sintesi di nuove sostanze (fitolaexine e altre) in seguito all'infezione. Il quadro che se ne ricava è che l'attacco non ha come effetto primario quello di una inibizione aspecifica del metabolismo della pianta ma induce piuttosto una serie complessa di azioni e reazioni che in molti casi portano anche almeno in prima istanza alla attivazione di alcune sintesi fondamentali. Sembra trattarsi quindi soprattutto dell'induzione, dovuta all'impatto fra genomi diversi, di un nuovo equilibrio che in certi casi (tumore da Agrobacterium) può anche parzialmente stabilizzarsi, ma che spesso porta alla morte della pianta. Se ne possono trarre alcune conseguenze, pensiamo, anche in relazione al dibattito sul significato reale del termine 'lotta per la vita' chiarendo come anche in questo caso la distruzione degli individui derivi più che da un attacco specifico e 'maligno', da un profondo e insostenibile cambiamento in equilibri stabilizzatisi durante un lungo processo evolutivo. E infatti come risulta dal capitolo finale di Ellingboe sulla genetica dell'interazione in esame, la vera risposta di difesa della pianta è ancora in termini evolutivi e consiste cioè nella fissazione di geni che determinano incompatibilità e rendono quindi di nuovo le due specie indipendenti impedendo così il formarsi di un complesso fortemente svantaggiato dal punto di vista selettivo.

over, this tumoral state is reversible, a phenomenon that is indicative of the greater plasticity of plants in comparison with animals. The metabolic and structural response of the host is then dealt with, e.g. changes in permeability, water balance, carbon cycle, nucleic acids, proteins, hormones, oxidative enzymes, as well as the synthesis of new substances (phytoalexines and others) as a result of infection. The picture that emerges from this is that the primary effect of the attack is not an aspecific inhibition of plant metabolism but rather a complex series of actions and reactions that in many cases, at least initially, lead to the activation of a few basic syntheses. It would thus seem to be mainly a question of setting up a new equilibrium, under the effect of different genomes, that in certain cases (Agrobacterium tumefaciens) may become partially stabilised although it often leads to the death of the plant. From this it would thus seem possible to draw a number of conclusions also concerning the question of the real meaning of the term 'struggle for life', clarifying how also in this case the destruction of individuals is the result of a profound and unbearable change in equilibria that have remained stable over a long evolutionary period rather than one specific 'malignant' attack. In fact, as shown in Ellingboe's concluding chapter on the genetics of this interaction, the plant's true defence response is still evolutionary in nature, i.e. it consists of fixing compatibility-determining genes that thus make the two species again independent, thus preventing the formation of a complex that is at a great disadvantage from the selection standpoint.

MARCELLO BUIATTI

COULOMB, J. and JOBERT, G. (eds.)

Traité de Géophysique interne

Magnétisme et géodynamique, Vol. 2
Masson, Paris, 1976
VIII + 586 pp., figs. and tables, No price stated

Il volume è una raccolta di articoli di 16 autori (geofisici, geologi e petrografi) ed esprime una necessità che appare sempre più giustificata: quella di far convergere le attività di cultori di discipline fondate su metodi d'indagine diversi, sui maggiori problemi delle Scienze della Terra in modo coordinato, evitando la tendenza all'isolamento degli specialisti e l'uso di linguaggi riservati ai soli iniziati.
I capitoli da 26 a 31 riguardano i problemi del magnetismo terrestre, dapprima dal punto di vista fisico; col paleomagnetismo lo studio dei fenomeni assume quella dimensione storica che è propria della Geologia. È da segnalare il vasto interesse del capitolo sul paleomagnetismo di A. Roche, per la critica al grado di approssimazione dei metodi, per l'applicazione della statistica e per il suo uso nella ricostruzione della migrazione dei poli, della deriva dei continenti, compresi anche i movimenti rotativi di parti minori della crosta terrestre, come la penisola iberica e il massiccio sardo-corso. In questa visione critica risulta che i dati paleomagnetici sono incompatibili con l'ipotesi di un'espansione rapida della Terra (superiore a un millimetro annuo di aumento del raggio.)

Col capitolo dedicato ai metodi elettrici ed elettromagnetici entra in campo la Geofisica applicata e la valutazione della portata dei vari metodi. Dal capitolo 34 i problemi naturalistici prendono il sopravvento. La relativa brevità dei capitoli sulla costituzione delle rocce (E. Raguin), sugli elementi di stratigrafie e tettonica (J. Goguel) e sulla vulcanologia (G. Marinelli) ha l'efficacia di porre sinteticamente in rilievo le più recenti vedute in proposito. L'inquadramento

The book consists of a collection of articles by 16 authors (geophysicists, geologists and petrographers) and expresses a need that appears to be felt more and more, i.e. to get the activities of workers in fields based on different research methods to converge on the more important problems of the earth sciences in a methodical fashion, avoiding the tendency for specialists to be isolated and the use of jargons restricted to the few. Chapters 26 to 31 deal with problems of terrestrial magnetism, firstly from the physical standpoint; with palaeomagnetism the study of the phenomena takes on that historical dimension which is peculiar to Geology. Worthy of mention is the great interest of the chapter on palaeomagnetism by A. Roche owing to its criticism of the degree of approximation of the various methods, the application of statistics and its use in the reconstruction of pole migration, continental drift, including also the rotational motion of a few smaller parts of the earth's surface such as the Hiberian peninsula and the Sardo-Corsican massif. According to this critical view, the palaeomagnetic data are observed to be incompatible with the hypothesis of a rapid expansion of the Earth (greater than one millimetre increase in radius per annum).
The chapter on electrical and electromagnetic methods brings in applied geophysics and the evaluation of the significance of the various methods. From chapter 34 on naturalistic problems take pride of place. The comparative brevity of the chapters on rock constitution (E. Raguin), elements of stratigraphy and tectonics (J. Goguel) and vulcanology (G. Marinelli) gives an effective and concise outline of the most

sistematico delle rocce secondo i criteri tradizionali (chimici, mineralogici, strutturali) oggi è integrato da considerazioni spaziali e genetiche, derivate specialmente dalle nuove conoscenze degli ambienti oceanici. Si parla quindi di magmi intracrustali, subcrustali e di magmi degli archi insulari (o orogenetici).

La radioattività delle rocce viene esaminata come metodo per determinare le età assolute delle rocce e come sorgente di calore; ne risulta che il mantello superiore non sarebbe omogeneo. Seguono considerazioni critiche sulla costituzione e struttura del mantello e del nucleo.
I capitoli da 39 in poi esaminano diversi aspetti della tettonica a placche (*plate tectonics*), specialmente dal punto di vista geotermico e la teoria dei punti caldi (*convection plumes*), che potrebbero essere da 20 a 60.

La collaborazione e il dialogo tra geofisico e geologo non è facile, perché, specialmente per i problemi dell'interno terrestre oltre la possibilità del controllo diretto, è difficile scartare, tra i possibili modelli teorici, quelli estranei al caso concreto. È necessario che ognuno abbia una certa conoscenza del grado di attendibilità delle ipotesi prospettate dall'altro, per evitare l'eccesso sia di fiducia, sia di diffidenza. È questo lo scopo fondamentale del libro: la critica delle nozioni di base che rendono possibile la collaborazione. Esso risponde ottimamente allo scopo perché gli autori non si limitano a fare il punto sulle conoscenze attuali, ma dedicano ampio spazio ai problemi aperti e all'attendibilità dei metodi e delle ipotesi proposte.

recent ideas on the subject. The systematic classification of rocks according to traditional criteria (chemical, mineralogical, structural) has now been integrated with spatial and genetic considerations deriving in particular from fresh knowledge gained from ocean environments, and such terms as intracrustal and subcrustal magmas and magmas of the insular (or orogenetic) arches are now in common use.
Radioactivity in rocks is examined as a method for determining the absolute age of rocks and as a source of heat; the result is that the upper mantle is believed to be non-homogeneous. Then come critical considerations on the constitution and structure of the mantle and the nucleus.
The chapters from nº 39 on deal with different aspects of plate tectonics, especially from the geothermic point of view and that of convection plumes which could range from 20 to 60.
Cooperation and discussion between the geophysicist and the geologist is no easy matter as, particularly as regards problems of the interior of the earth beyond all possibility of direct control, it is hard to reject those of the possible theoretical models which are extraneous to the concrete case. It is necessary for each to have some idea of the degree of reliability of the hypotheses advanced by the other so as to avoid both over-confidence and excessive mistrust. This is the fundamental aim of the book: to criticize the basic notions that make cooperation possible. It attains this aim quite satisfactorily as the authors do not stop short at acquired knowledge but give a lot of space to unsolved problems and the reliability of the methods and hypotheses proposed.

LIVIO TREVISAN

LOMNITZ, C. and ROSENBLUETH, E. (eds.)

Seismic Risk and Engineering Decisions

Series: Developments in Geotechnical Engineering, Vol. 15
Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1976
IX+425 pp., figs. and tables, Dfl. 115,—

Da qualche anno si stanno facendo più frequenti i libri comunque collegati al rischio sismico, inteso come l'indicazione più probabile di un evento sismico, atto a colpire una determinata zona, in un tempo e con un'intensità grossolanamente indicati.
Nel libro in esame, il rischio sismico è particolarmente legato a problemi di Ingegneria.
Naturalmente, la valutazione del rischio sismico presuppone la conoscenza, la più estesa possibile, delle caratteristiche sismiche di una zona. Prima fra tutte, la possibilità di previsione dei terremoti, più o meno labile o più o meno attendibile da zona a zona. Lomnitz e Singh (cap. 2°) passano in rassegna alcuni tipi di meccanismo di un terremoto, da quello di Reid (legato ai movimenti di una faglia) a quello associato al moto di zolle della litosfera a contatto. Fra le manifestazioni presismiche, si accenna alla microsismicità, ai lenti movimenti della crosta, alle variazioni di velocità delle onde elastiche (in particolare, longitudinali), alla dilatazione della zona sotto tensione, ecc.
Seguono i criteri geologici per la valutazione della sismicità (C. R. Allen), con particolare riferimento alla California, alla Turchia, al Giappone, alle Filippine e alla Cina.
Faccioli e Reséndiz esaminano il comportamento della dinamica dei suoli, estesa fino alla liquefazione. Studiano la relazione tensione-deformazione sotto condizioni stabili, in cicli di deformazione di grande ampiezza, ecc.; si soffermano sul fenomeno dell'amplificazione locale, sulla compattezza e sulla perdita di fermezza (*strength*), sui metodi di prospezione.

In recent years an increasing number of books have been published that are in some way connected with seismic risk understood as the most probable indication of a seismic event capable of affecting a given area at a time and with an intensity that are roughly indicated.
In this book seismic risk is related in particular to Engineering problems.
Of course, seismic risk evaluation presupposes as great a knowledge as possible of the seismic characteristics of an area, first and foremost, the possibility of predicting earthquakes, which varies in reliability from one area to another. Lomnitz and Singh (Ch. 2) review a few types of earthquake mechanism, ranging from that of Reid (connected with fault movements) to that associated with the motion of the plates of the contact lithosphere. Of the pre-seismic indications, mention is made of microseismicity, slow crust movements, variations in elastic wave velocity (especially in longitudinal ones), the expansion of zones under tension, etc. This is followed by geological criteria for evaluating seismicity (C. R. Allen) with special reference to California, Turkey, Japan, the Philippines and China.
Faccioli and Reséndiz examine the behaviour of soil dynamics extended as far as liquefaction. They study the tension-deformation relation under stable conditions, in large amplitude deformation cycles, etc. They deal in particular with the phenomenon of local amplification, compactness and loss of strength and prospecting methods.
The physics of the strong movements associated with an earthquake is summarized

La fisica dei forti movimenti associati ad un terremoto è riassunta da J. N. Brune, che sviluppa in particolare la teoria della sorgente puntiforme, ritenuta essenzialmente rappresentata dall'azione della doppia coppia all'ipocentro. Esamina quindi il concetto di momento sismico e di scorrimento di una faglia, di caduta di tensione, di spostamento di una faglia e di dimensione della sorgente.

Il significato di 'sismicità' viene sviluppato da L. Esteva, che distingue la sismicità locale da quella regionale.

Il fenomeno dei 'tsunamis' (mareggiate d'origine sismica) è studiato da R. L. Wiegel. Ne esamina le relazioni con la magnitudo, con le aree delle repliche e con gli spostamenti tettonici.

Considera pure i 'tsunamis' provocati da frane subacquee.

Segue un'accurata teoria sulla generazione dei 'tsunamis'.

Richiama l'attenzione sulle caratteristiche dei 'tsunamis' che attraversano gli oceani; gli effetti lungo le coste, la riflessione, la rifrazione e — particolarmente pericolosa — la risonanza con le onde libere di particolari golfi o baie.

La risposta strutturale ai terremoti è esaminata da E. H. Vanmarcke. Si introduce il concetto di spettro di risposta, di simulazione di terremoti, di funzioni di densità spettrale e se ne studiano le reciproche dipendenze. Particolarmente arduo si presenta il problema di sistemi a più gradi di libertà. Accenna pure ai sistemi anelastici.

Whitman e Cornell si soffermano sull'analisi del rischio totale e studiano varie rappresentazioni per il rischio sismico.

L'ultimo capitolo, di T. V. McEvilly, è una lunga disamina sugli apparecchi sismici, soffermandosi in particolare su quelli ritenuti più idonei allo scopo.

by J. N. Brune. In particular, he develops the theory of the point source which is believed to be basically represented by the action of the double torque at the hypocentre. He then examines the concept of seismic moment and fault slipping, tension drop, fault shift and source size.

The meaning of 'seismicity' is developed by L. Esteva, who makes a distinction between local and regional seismicity.

The 'tsunamis' phenomenon (seismic tidal wave) is studied by R. L. Wiegel. He examines the relationship between earthquake magnitude and 'tsunami' magnitude, between aftershock area and magnitude of tsunamigenic earthquakes and dependence of maximum resultant ground displacement on earthquake magnitude.

He also deals with the 'tsunamis' caused by underwater landslides.

This is followed by a detailed theory on 'tsunamis' generation.

Attention is drawn to the characteristics of the 'tsunamis' crossing the oceans, their effects along the coasts, reflection, refraction and the particularly dangerous phenomenon of resonance with free waves in certain gulfs or bays.

The structural response to earthquakes is examined by E. H. Vanmarcke, who introduces the concept of response spectrum, earthquake simulation, spectral density functions and studies their mutual dependence. The problem of systems with several degrees of freedom is particularly difficult. He also touches on anelastic systems.

Whitman and Cornell deal with total risk analysis and study the various representations of seismic risk.

The final chapter by T. V. McEvilly is a long discussion of seismic apparatus. Special mention is made of those considered most suitable for the purpose.

PIETRO CALOI

FEIWEL, G. R.

The Intellectual Capital of Michal Kalecki

A Study in Economic Theory and Policy
The University of Tennesse Press, Knoxville, 1975
xxii+583 pp., $22.50

Michal Kalecki è senza dubbio uno dei pochi economisti contemporanei che hanno chiaramente percepito i fraintendimenti della teoria economica e le storture del sistema economico. E George Feiwel, un vivace e competente seguace profondamente impegnato nel diffondere la conoscenza del « capitale intellettuale di Michal Kalecki » e nell'ottenere per esso una stima da lungo tempo dovuta, è senz'altro il miglior interprete della posizione di Kalecki.

La prospettiva teorica di Kalecki — che in parte è consistita nell'aver anticipato le idee della 'rivoluzione keynesiana', senza mai rivendicarne la priorità — era basata fondamentalmente sulla consapevolezza di tutte le carenze concettuali e fattuali, imparzialmente osservate e analizzate, del mondo capitalista e di quello del comunismo sovietico in entrambi i quali egli visse e lavorò. Il suo atteggiamento era completamente all'opposto di quello comune, da lui deprecato: egli « era convinto che i problemi economici reali non risolti, che influivano sul benessere sociale, erano troppo numerosi e urgenti, per permettere di concentrarsi sul raffinamento di teorie non immediatamente rilevanti in pratica. Si stanno creando teorie, egli diceva, che « possono porre dei problemi molto interessanti, ma non sono molto indicate per comprendere ciò che, in realtà, è successo, succede o dovrebbe succedere » (p. 9). « Egli pensava che troppi economisti contemporanei, indipendentemente dal sistema sociale in cui vivevano, erano più interessati a scoprire cure per mali che non esistevano che per malattie reali » (*ibid.*).

Il suo atteggiamento imparziale non si limitava ad osservazioni astratte ma ispirava

Michal Kalecki is undoubtedly, among the contemporary economists, one of the few who clearly perceived the misconceptions affecting both economic theory and the economic system. And George Feiwel is surely the best interpreter of his position, a lively and capable follower deeply concerned with promoting a knowledge and the overdue appreciation of « the intellectual capital of Michal Kalecki ».

His theoretical point of view — consisting, in part, in having anticipated the ideas of the 'Keynesian revolution', although never claiming to be a forerunner — was fundamentally founded on the consciousness of all the conceptual and factual shortcomings impartially observed and investigated by living and working both in the capitalistic world and in that of Soviet communism. His attitude was completely the opposite to the usual one which he deprecated: he « believed that there are far too many urgent economic problems affecting the welfare of society, awaiting solutions, to concentrate on refinements of theories that are not immediately relevant. Such theories are being created, he said, which «may raise problems of great interest but are not very conductive to understanding what actually happened, is happening or should be happening » (p. 9); « He felt that many of today's economists, no matter what the social system under which they live, are more interested in discovering cures for nonexistent ills than in finding cures for our actual diseases » (*ibid.*).

His impartial attitude was not limited to abstract remarks but inspired his concern over and blame of every 'criminal' attitude.

le sue preoccupazioni e la sua condanna di qualsiasi atteggiamento 'criminale'. « Egli era estremamente sensibile ai problemi della qualità della vita del cittadino medio...; (e criticava il fatto che, in Polonia) era sorta una nuova classe 'borghese' criminale, che godeva ampiamente delle cose buone della vita... ».

Molti brani fra i suoi scritti (come i pochi qui riportati) e molti apprezzamenti altrui confermano la frase iniziale del « Prologo: Ritratto dell'uomo e dello studioso »: « Michal Kalecki era un severo moralista, il cui senso di rettitudine e di immediatezza ha permeato la sua vita personale e intellettuale » (p. 3).

In un certo senso, Kalecki era fondamentalmente un matematico, ma, come deve essere, « egli non poteva pensare che un economista, messo di fronte alla varietà dei problemi correnti, potesse accontentarsi di tessere vuote teorie, anche se sostenute dai più eleganti modelli matematici »; e « egli era preoccupato che la mania del calcolatore si sostituisse al buon senso » (pp. 12 e 13).

È degna di nota anche la chiarezza della sua scelta politica, nonostante elementi di perplessità: « Kalecki si è sempre (cioè, anche prima della seconda guerra mondiale) considerato un socialista. Egli fu un socialista estremamente eterodosso, che sosteneva il socialismo perché pensava che esso *potrebbe* essere un sistema migliore. Egli non si aspettava dal socialismo la realizzazione di tutti i sogni... non considerava il socialismo dell'Europa Orientale come l'ideale; ... (ma) egli considerava il sistema socialista come un sistema superiore ... poiché i pianificatori potevano influire sulla fissazione dei prezzi e dei salari, riducendo così i pericoli di fluttuazioni e di disoccupazione, e perché egli pensava che quel sistema aveva più probabilità di realizzare un'equa distribuzione del reddito » (p. 7).

Le citazioni precedenti sono tratte in gran parte dal « Prologo » (pp. 3-17) di Feiwel, in cui sono riassunte con intensa partecipazione le idee principali del libro. Seguono un'esposizione ed una discussione dettagliate dell'opera di Kalecki, divise in tre parti:

« He was extremely sensitive to the problems of the quality of life of the average citizen...; (making the criticism that, in Poland) a new class of criminal 'bourgeoisie' had arisen, which participated heavily in the good things of life ... ».

Many passages from his writings (as the few reproduced here), and appreciation by others, confirm the initial sentence of the « Prologue: Portrait of the Man and the Scholar »: « Michal Kalecki was a stern moralist whose sense of rectitude and forthrightness permeated his personal and intellectual life » (p. 3).

In a sense, Kalecki was fundamentally a mathematician, but, as it is necessary, « he found it unthinkable that an economist, confronted with the multifariousness of current problems, could be satisfied with spinning empty theories even if buttressed by the most elegant mathematical models »; and « he was apprehensive that computomania might replace common sense » (pp. 12 and 13).

Also remakable is the clear choice of his political views (even if with some doubtful attitude): « Kalecki always (i.e. since before World War II) considered himself a socialist. He was a most unorthodox one, supporting Socialism because he felt that it *might* be a better system. He did not expect the Socialist system to fulfil all dreams, ... he did not view socialism as practiced in Eastern Europe as ideal; ... (but) he looked upon the Socialist system as being superior ... because the planners could manipulate the setting of prices and wages, thus reducing the dangers of fluctuations and unemployment, and because he felt that the system would be more likely to provide a fairer distribution of income » (p. 7).

The quotations are mainly from Feiwel's « Prologue » (pp. 3-17), where the main ideas are summarized with vivid participation. The more detailed exposition and discussion on Kalecki's work follows in three parts: One: Modern Capitalism; Two:

1) Il capitalismo moderno; 2) L'economia di guerra; 3) Sviluppo, pianificazione e consumo. La parte prima comprende i capitoli I-IX e riguarda il periodo precedente la seconda guerra mondiale (1899-1939); è degno di nota e di interesse, anche per i non specialisti, il capitolo II: Kalecki e Keynes: Personalità e prospettive, ecc.. La seconda parte comprende i capitoli X e XI (Economia di guerra e Razionamento). La terza parte comprende i capitoli XII-XIX (da Sviluppo e pianificazione e Problemi del terzo mondo a Volontarismo alla prova: una nuova vivida descrizione della personalità umana di Kalecki).

Speriamo che l'opera di Feiwel contribuisca a ravvivare l'interesse per la personalità di Kalecki e per il suo approccio ai problemi economici, che oggi come ieri sono in attesa di un importante miglioramento nei concetti-guida, e di una battaglia comune per il benessere comune, invece di lotte nocive degli uni (uomini, paesi o classi) contro gli altri.

The War Economy; Three: Growth, Planning, and Consumption. Part One is made by Ch. I-IX, concerned with the Prewar Period (1899-1939); to be noted (as interesting also for non specialists, II: Kalecki and Keynes, Personalities and Outlook, etc.). Part Two includes Ch. X-XI (War Economy, and Rationing). Part Three includes Ch. XII-XIX (from Growth & Planning, and Problems of the Third World, to Voluntarism on Trial: a new vivid picture of the human personality of Kalecki.)

Let us hope that the work of Feiwel could revive the interest in the personality of Kalecki and in his views concerning the economic problems, that today as yesterday are awaiting a significant improvement of the leading conceptions, a common struggle for a common welfare, instead of each one, men and countries or classes being engaged in ruinous struggles against one another.

BRUNO DE FINETTI

ADAMS, D. H. and BELL, TH. M. - SLOW VIRUSES
Addison-Wesley Publishing Company, Reading (Mass.), 1976
x+214 pp., $7.50

CONTENTS. - 1. Introduction. - 2. Definition of Slow Viruses. - 3. Viral Replication and Virus-Host Cell Relationships. - 4. Scrapie. - 5. Mechanisms of Production of Clinical Disease by Viruses. - 6. Pathogenesis of Scrapie. - 7. The Other Spongiform Encephalopathies. - 8. Progressive Multifocal Leukoencephalopathy. - 9. Visna-Maedi. - 10. Subacute Sclerosing Panencephalitis. - 11. Multiple Sclerosis. - 12. Factors Influencing the Incubation Period of Slow Viruses. - 13. Slow Viruses as a Group. - 14. The Incidence of Slow Virus Infections. - 15. Clinical Aspects of Human Diseases Caused by Slow Viruses. - 16. Slow Diseases of Possible Viral Etiology.

ANDREWS, G. E. - THE THEORY OF PARTITIONS
Series: Encyclopedia of Mathematics and its Applications, Vol. 2
Addison-Wesley Publishing Company, Reading (Mass.), 1976
XIV+255 pp., tables, $16.50

CONTENTS. - 1. The Elementary Theory of Partitions. - 2. Infinite Series Generating Functions. - 3. Restricted Partitions and Permutations. - 4. Compositions and Simon Newcomb's Problem. - 5. The Hardy-Ramanujan-Rademacher Expansion of $p(n)$. - 6. The Asymptotics of Infinite Product Generating Functions. - 7. Identities of the Rogers-Ramanujan Type. - 8. A General Theory of Partition Identities. - 9. Sieve Methods Related to Partitions. - 10. Congruence Properties of Partition Functions. - 11. Higher-Dimensional Partitions. - 12. Vector or Multipartite Partitions. - 13. Partitions in Combinatorics. - 14. Computations for Partitions.

ANJUERE, G. - LES TRANSPORTS VERTICAUX DANS LES ETABLISSEMENTS HOSPITALIERS
Series: Hautes Études Hospitalières
Maloine S.A. Editeur, Paris, 1977
160 pp., figs. and tables, Fr. 96

Cet ouvrage s'adresse plus particulièrement aux programmistes, concepteurs, maîtres d'oeuvre et maîtres d'ouvrage des futurs établissements hospitaliers, ainsi qu'aux directeurs des hôpitaux actuels.

CONTENTS. - Appareils élévateurs - Technologie succincte. - I. Éléments à faire intervenir dans une étude de circulations verticales. - II. Conduite d'une étude type 520 lits. - III. Exemples d'équipement pour établissement hospitalier de 300 à 1080 lits. - IV. Petites unités hospitalières, cliniques privées 100 à 250 lits. - V. Exemple d'un devis descriptif à établir lors de l'appel d'offres. - VI. L'entretien et les modernisations.

ANTISERI, D. (ed.) - COLLANA DI METODOLOGIA DELLA SCIENZA E FILOSOFIA DEL LINGUAGGIO, Vols. 1, 2, 3, 4, 5, and 6
Armando Armando Editore, Roma, 1977

Questa collana di *Metodologia delle scienze e di filosofia del linguaggio* si articola in due serie di documentazioni: 1) *Testi* sui punti di maggior rilievo nello sviluppo della *filosofia del linguaggio*, della *metodologia delle scienze*, della *teoria della storiografia* e della *teoria dell'ermeneutica*. 2) *Saggi* critico-informativi di autori stranieri e italiani sullo stato teorico raggiunto in questi ultimi anni nelle problematiche analitico-linguistiche. I volumi della collana sono stati concepiti quali agili strumenti di lavoro per chi intenda approfondire tematiche essenziali nel dibattito culturale contemporaneo, per le Università come per le ultime classi delle nostre Scuole secondarie superiori.

MARCUSE, H. and POPPER, K. - RIVOLUZIONE O RIFORME? UN CONFRONTO
Vol. 1, 80 pp., figs., L. 1.500
NEURATH, O. - IL CIRCOLO DI VIENNA E L'AVVENIRE DELL'EMPIRISMO LOGICO
Vol. 2, 111 pp., L. 2.500
HEMPEL, C. G. - COME LAVORA UNO STORICO
Vol. 3, 115 pp., L. 2.500
VAN BUREN, P. M. - ALLE FRONTIERE DEL LINGUAGGIO
Vol. 4, 191 pp., L. 4.200
STRAWSON, P. F. - ANALISI, SCIENZA E METAFISICA
Vol. 5, 85 pp., L. 2.200
RIVERSO, E. - RIFERIMENTO E STRUTTURA
Il problema logico-analitico e l'opera di Strawson
Vol. 6, 236 pp., L. 5.000

AYALA, F. J. (ed.) - MOLECULAR EVOLUTION
Sinauer Associates Inc., Sunderland (Mass.), 1976
x+277 pp., tables, £7.50

This book represents the first attempt to review, evaluate, and integrate recent advances made in the modern theory of evolution through studies at the molecular level. In 13 chapters written by specialists, the book focuses on basic parameters of evolution such as the amount of genetic change involved in the process of speciation or the degree of polymorphism in natural populations. Also, modern techniques such as gel electrophoresis, immunodiffusion, protein sequencing, and DNA hybridization are systematically applied to such fundamental problems as the reconstruction of phylogenetic history, or the determination of taxonomic relationships and rates of evolution. The authors examine the molecular evolution of both plants and animals, and consider molecular variation in and between populations. The book will serve as an introduction to the field of molecular evolution and will be important reading for the researcher or advanced student in evolution, genetics, molecular biology, and biochemistry.

CONTENTS. - 1. Molecular Genetics and Evolution, by F. J. AYALA. - 2. Genic Variation in Natural Populations, by R. K. SELANDER. - 3. Genetic Polymorphism and Enzyme Function, by G. B. JOHNSON. - 4. Allozyme Variation: its Determinants in Space and Time, by M. SOULÉ. - 5. Genetic Strategies of Adaptation, by G. W. VALENTINE. - 6. Organismic and Molecular Aspects of Species Formation, by TH. DOBZHANSKY. - 7. Genetic Differentiation During Speciation, by J. C. AVISE. - 8. Biochemical Consequences of Speciation in Plants, by L. D. GOTTLIEB. - 9. Protein Sequences in Phylogeny, by M. GOODMAN. - 10. Molecular Evolutionary

Clocks, by W. M. FITCH. - 11. Evolution of Genome Size, by R. HINEGARDNER. - 12. Evolution of Repetitive and Nonrepetitive DNA, by G. A. GALAU, M. E. CHAMBERLIN, B. R. HOUGH, R. J. BRITTEN and H. DAVIDSON. - 13. Gene Regulation in Evolution, by A. C. WILSON.

BAILEY, D. K. and MACDONALD, R. (eds.) - THE EVOLUTION OF THE CRYSTALLINE ROCKS
Academic Press, London, 1976
XI+484 pp., tables, £16.00

The aim of this book is to illuminate the rationale of experimental petrology, and highlight major developments in key areas. Each of the contributors brings the special combination of experimental *and* geological experience to his topic, and stresses the geological applications of the experiments to a major group of rocks. The result is a series of perspectives, which reveal the limitations as well as the great achievements of experimental studies applied to rocks.

BALABAN, A. T. (ed.) - CHEMICAL APPLICATIONS OF GRAPH THEORY
Academic Press, London, 1976
XII+389 pp., tables, £14.50

This first comprehensive work on the topic contains contributions by well-known authors who themselves pioneered such chemical applications of graph theory, some starting from a background of mathematics, others from chemistry. It begins by giving a brief introduction to graph theory for chemists who may not be familiar with this branch of mathematics, and with its language or concepts: the emphasis in this section is placed on a clear presentation of the essentials rather than mathematically rigorous definitions. Individual chapters then survey graph theory's application in various areas of chemistry: organic, inorganic and quantum chemistry; chemical physics; organometallic chemistry; polymer science and chemical documentation. The volume should help to bridge the wide gulf which at the moment separates chemical and mathematical literature. As well as acquainting chemists from all disciplines and at all levels with the mathematical background and many recent applications, it will prepare them for future developments, which will probably be rapid. Mathematicians, and perhaps physicists and life scientists, who wish to explore the border-land between chemistry and graph theory, will find the work of great interest.

BARLETTA, G. (ed.) - MARX ENGELS LENIN SULLA SCIENZA
Series: La scienza nuova, Vol. 44
Dedalo Libri, Bari, 1977
534 pp., L. 6.000

I testi di Marx, Engels e Lenin raccolti in questo volume vogliono essenzialmente proporsi come materiale di riflessione per le nuove generazioni che si avvicinano ad un tema, così decisivo nella società contemporanea, quale quello dei rapporti fra il marxismo e la scienza. Si è cercato di fornire un campione sufficientemente va-

lido delle particolari modulazioni che la concezione materialistica della scienza assume nei fondatori del materialismo storico, articolandosi come: 1) rapporto uomo/natura; 2) metodologia e logica dialettica; 3) analisi del ruolo della scienza nel modo di produzione capitalistico.

BAUDET, J. and DAFFOS, F. - OBSTÉTRIQUE PRATIQUE
Maloine S.A. Editeur, Paris, 1977
552 pp., figs. and tables, Fr. 140

Ce livre est un ouvrage concis et précis abordant l'art obstétrical à la lumière des acquisitions les plus récentes de la technologie. L'ouvrage est entièrement orienté sur les possibilités les plus modernes offertes à l'accoucheur et au généraliste au cours de la grossesse, de l'accouchement et des suites de couches. L'illustration facilement lisible soutient heureusement un texte vigoureux et clair que liront avec profit les étudiants en médecine et les étudiants du C.E.S. d'obstétrique, les élèves sages-femmes et les médecins praticiens.

CONTENTS. - I. La grossesse. - II. La pathologie de la grossesse. - III. La pathologie générale et la grossesse. - IV. L'accouchement et ses suites. - V. Le nouveau-né.

BERNSTEIN, R. J. - THE RESTRUCTURING OF SOCIAL AND POLITICAL THEORY
Basil Blackwell, Oxford, 1976
XXIV+286 pp., £9.50

CONTENTS. - I. Empirical Theory. - II. Language, Analysis, and Theory. - III. The Phenomenological Alternative. - IV. The Critical Theory of Society.

BINMORE, K. G. - MATHEMATICAL ANALYSIS
A Straightforward Approach
Cambridge University Press, Cambridge, 1977
X+257 pp., tables, £3.75

CONTENTS. - 1. Real numbers. - 2. Continuum Property. - 3. Natural numbers. - 4. Convergent sequences. - 5. Subsequences. - 6. Series. - 7. Functions. - 8. Limits of functions. 9. Continuity. - 10. Differentiation. - 11. Mean value theorems. - 12. Monotone functions. - 13. Integration. - 14. Exponential and logarithm. - 15. Power series. - 16. Trigonometric functions. - 17. The gamma function. - 18. Appendix.

BOCKHOFF, F. J. - ELEMENTS OF QUANTUM THEORY
Addison-Wesley Publishing Company, Reading (Mass.), 1976 (2nd Ed.)
XIV+332 pp., tables, $17.50

CONTENTS. - 1. Introduction. - 2. Energy Packets and the Quantum Hypothesis. - 3. Line Spectra, the Bohr Model, and de Broglie Waves. - 4. Oscillating Masses and Vibrating Strings. - 5. Three-dimensional Waves and Time Averages. - 6. Nonclassical Waves and Quantum Mechanics. - 7. The Single Particle: Free and in Boxes. - 8. Three-dimensional Boxes and Finite Barriers. - 9. A Return to the

Simple Harmonic Oscillator. - 10. The Hydrogen Atom I. Solution of the Schrödinger Equation. - 11. The Hydrogen Atom II. Angular Momentum and Orbital Shapes. - 12. The Helium Atom I. Approximation Methods for the Ground State. - 13. The Helium Atom II. Excited States and Some Interesting Aspects of two-Electron Systems. - 14. More Complex Atoms: An Introduction. - 15. Molecules and Bonding: A Capsule Preview.

BODMER, H. F. and CAVALLI-SFORZA, L. L. - GENETICS, EVOLUTION AND MAN
Freeman and Co., San Francisco, 1976
XVI+782 pp., figs. and tables, $16.00

CONTENTS. - I. Mechanisms of Inheritance. 1. Genetics and Man. - 2. Cells and Chromosomes: The Laws of Inheritance. - 3. The Chemical Basis of Heredity. - 4. Gene Mutations and Chromosomal Aberrations. - 5. Cell Biology and Genetics. - II. Population Genetics. 6. Genes in Populations. - 7. Natural Selection and Demography. - 8. Deleterious Mutations. - 9. Balanced Polymorphism. - 10. Blood Groups and Other Immunologically Detected Polymorphism. - 11. Inbreeding and Its Consequences. - 12. Drift and Migration. - 13. Molecular Evolution. - III. Complex Traits and the Nature - Nurture Problem. 14. Basic Models of Polygenic Inheritance. - 15. Similarity Between Relatives. - 16. All-or-None Complex Traits. - 17. Behavioral Genetics. - IV. Evolution, Human Welfare, and Society. 18. Evolutionary Development of Modern Man. - 19. Racial Differentiation. - 20. Genetics and Medicine. - 21. Genetics and Society.

BORCHARDT-OTT, W. - KRISTALLOGRAPHIE
Eine Einführung für Naturwissenschaftler
Series: Heidelberger Taschenbücher, Vol. 180
Springer-Verlag, Berlin, 1976
IX+188 pp., figs. and tables, DM 19,80

CONTENTS. - 1. Der Kristallzustand. - 2. Das Raumgitter und seine Eigenschaften. - 3. Die Kristallstruktur. - 4. Die Morphologie. - 5. Das Symmetrie-Prinzip. - 6. Die 14 Translations-(Bravais-)Gitter. - 7. Die 7 Kristallsysteme. - 8. Die Punktgruppen. - 9. Die Raumgruppen. - 10. Das Verhältnis von Punktgruppen und Raumgruppen. - 11. Grundbegriffe der Kristallchemie. - 12. Röntgenographische Untersuchungen an Kristallen. - 13. Kristallbaufehler. - 14. Physikalische Eigenschaften der Kristalle. - 15. Anhang.

BOTTURI, F. - STRUTTURA E SOGGETTIVITÀ
Saggio su Bachelard e Althusser
Series: Scienze filosofiche, Vol. 15
Vita e Pensiero, Pubblicazioni dell'Università Cattolica, Milano, 1976
423 pp., L. 13.000

CONTENTS. - I. L'epistemologia di Bachelard. - II. Scienza, ideologia, filosofia: Bachelard e Althusser. - III. La logica poetica di Bachelard.

BOUGIS, P. (ed.) - OCÉANOGRAPHIE BIOLOGIQUE APPLIQUÉE
L'exploitation de la vie marine
Series: Maitrises de Biologie
Masson, Paris, 1976
XII+320 pp., figs. and tables, No price stated

CONTENTS. - I. L'exploitation de la production marine. - II. L'aménagement de la production marine. - III. L'aquaculture marine. - IV. Le problème des salissures marines.

BOULLOCHE, A., RICHTER, K. and WARREN, K. (eds.) - THE SCIENCES AND DEMOCRATIC GOVERNMENT
Council of Europe, Highlights of the Fourth Parliamentary and Scientific Conference, Florence, 1975
MacMillan Press, London, 1976
x+149 pp., £6.95

CONTENTS. - 1. The Challenge of Science and Technology to European Society. - 2. The Effect of Science and Technology on the Decision-making Machinery of Government and Parliament. - 3. International Co-operation in Science and Technology and the Place of the Social Sciences. - 4. Science, Industrial Society and the Human Environment.

BRESSI, V., CORTICELLI, A., CREMONINI, R. and ZERBETTO, M. P. - ELETTROTECNICA APPLICATA
Zanichelli, Bologna, 1976
x+341 pp., figs. and tables, L. 5.800

Quest'opera si presenta diversa da quelle esistenti nella letteratura tecnica italiana, ispirandosi ad un modello già largamente diffuso ed apprezzato nei paesi stranieri. Essa può costituire una guida utile e stimolante per realizzare una diversa dimensione del rapporto docente-discente e, contemporaneamente, un sicuro punto di riferimento per quegli allievi che non riescono a superare le inevitabili difficoltà che tale materia presenta. I paragrafi che compongono ogni capitolo sono preceduti da una sintetica ma sufficientemente ampia e rigorosa introduzione teorica in modo che il lettore possa avere sempre presenti i concetti fondamentali, indipendentemente dal modo con cui questi sono stati presentati dal docente. Inoltre, gli esercizi che completano i singoli paragrafi, nella maggior parte svolti, sono sistemati in ordine di crescente difficoltà.

BUCKLE, J. K. - MANAGING SOFTWARE PROJECTS
Series: Computer Monographs, Vol. 25
MacDonald and Jane's/American Elsevier, London, 1977
x+116 pp., tables, £3.95

This monograph describes the general areas which any new software project manager must consider, together with the problems he is likely to encounter and the suggested techniques for tackling them. J. K. Buckle has drawn on his wide

experience in software production both from within ICL and outside with its customers, and he illustrates problems and solutions by case histories based on actual projects he has controlled.

BURTON, J. D. and LISS, P. S. (eds.) - ESTUARINE CHEMISTRY
Academic Press, London, 1976
XII+229 pp., figs. and tables, £8.00

The chapters in this book are based on lectures given at a meeting on Estuarine Chemistry held in 1974 by the Estuarine and Brackish-Water Sciences Association and the Marine Chemistry Discussion Group. The aim of the book is to bring together the hitherto disparate approaches to estuarine chemistry and to provide a critical survey of the information that is currently available.

CHANDRASEKHAR, S. - LIQUID CRYSTALS
Series: Cambridge Monographs on Physics
Cambridge University Press, Cambridge, 1977
x+342 pp., figs. and tables, £18.00

The author presents a systematic and self-contained treatment of the physics of the three types of liquid crystals — nematic, cholesteric and smectic — describing their structures, their thermodynamic, optical and mechanical properties and their behaviour under external fields. This book will be of value to graduate students and research workers in physics (of the solid and liquid states), chemical physics, mechanics, materials science and crystallography.

COHEN, J. - REPRODUCTION
Butterworths, London, 1977
XIX+356 pp., figs. and tables, £4.95

CONTENTS. - 1. Introduction. - 2. Arithmetic of Reproduction. - 3. Tactics of Sexual Congress. - 4. Organs of Reproduction. - 5. Spermatozoa. - 6. Eggs. - 7. Fertilisation. - 8. Maternal Effects in Early Embryology. - 9. The Zygote Heredity. - 10. Larval Forms. - 11. Viviparity. - 12. Offspring Care. - 13. Life Cycles. - 14. Regulation of Numbers. - 15. Reproduction and Evolution. - 16. Reproduction in Mammals.

COHN, P. M. - SKEW FIELD CONSTRUCTIONS
Series: London Mathematical Society Lecture Note Series, Vol. 27
Cambridge University Press, Cambridge, 1977
XII+253 pp., tables, £7.50

CONTENTS. - 1. Skew Polynomial Rings and their Fields of Fractions. - 2. Topological Methods. - 3. Extensions of Finite Degree. - 4. The General Embedding. - 5. Coproducts of Fields. - 6. General Skew Field Extensions. - 7. Rational Relation and Rational Identities. - 8. Equations and Singularities.

COLLINS, P. D. B. - AN INTRODUCTION TO REGGE THEORY AND HIGH ENERGY PHYSICS
Series: Cambridge Monographs on Mathematical Physics, Vol. 4
Cambridge University Press, Cambridge, 1977
XIII+455 pp., figs. and tables, £29.00

The author's account begins with a discussion of the basic properties of scattering amplitudes (in particular their singularities), and then introduces the partial-wave decomposition and the significance of its continuation to complex values of angular momentum. The applications of Regge pole and cut models to the data on high energy scattering processes, both exclusive and inclusive, are covered in detail, together with more theoretical topics such as the generation of Regge singularities in potential scattering, dual models, Reggeon field theory and 'bootstrap' models. The rapid development of our understanding of elementary-particle physics in recent years is thus vividly presented. This monograph is intended primarily for research students just beginning to concern themselves with particle physics, but more experienced workers will also find much to interest them in this detailed survey of the basic ideas and results of Regge theory.

COPPEL, H. C. and MERTINS, J. W. - BIOLOGICAL INSECT PEST SUPPRESSION
Series: Advanced Series in Agricultural Sciences, Vol. 4
Springer-Verlag, Berlin, 1977
XIII+314 pp., figs. and tables, DM 72,—

Biological Insect Pest Suppression is the authors' attempt to encompass a discussion of the potential of the multifarious biologically based methods of insect pest population reduction. The major significance of this book is its synthesis of a broader range of techniques than that usually covered in texts on biological control. While the discussion is restricted to the suppression of insect pests, the topics covered are diverse and include the historical, theoretical and philosophical bases of biological insect pest suppression, the organisms used in classical biological control, the use of host resistance, environmental manipulations and cultural practices, autocidal control and genetic manipulation, natural determinants of growth, metamorphosis, and behavior, and integrated pest suppression.

COULOMB, J. and JOBERT, G. (eds.) - TRAITÉ DE GÉOPHYSIQUE INTERNE
Magnétisme et géodynamique, Vol. 2
Masson, Paris, 1976
VIII+586 pp., figs. and tables, No price stated

CONTENTS. - 26. Le champ géomagnétique, by J.-L. LE MOUËL. - 27. Magnétisme des roches. Archéomagnétisme et inversion du champ magnétique terrestre, by E. THELLIER. - 28. Paléomagnétisme, by A. ROCHE. - 29. L'induction dans le Globe, by J.-L. LE MOUËL. - 30. L'origine du champ magnétique terrestre, by J.-L. LE MOUËL. - 31. Interprétation des anomalies magnétiques et prospection magnétique, by R. NEUMANN and V. COURTILLOT. - 32. Méthodes électriques et électromagnétiques, by G. KUNETZ. - 33. Exploitation géophysique des forages, by A. POUPON. - 34. Constitution minéralogique et pétrographique des roches, by E. RAGUIN. - 35. Eléments de stratigraphie et de tectonique, by J. GOGUEL. - 36. Volcanologie, by G. MARINELLI. - 37. Radiochronologie et radioactivité des roches, by R. LÉTOLLE

and J.-L. CHEMINÉE. - 38. Structure et constitution du manteau et du noyau, by L. THOMSEN. - 39. Introduction sommaire à la tectonique des plaques, by X. LE PICHON. - 40. Géothermie, by V. COURTILLOT and J. FRANCHETEAU. - 41. Courants de convection et dynamique des plaques, by L. LLIBOUTRY.

CROSIGNANI, P. G. and ROBYN, C. (eds.) - PROLACTIN AND HUMAN REPRODUCTION
Academic Press, London, 1977
VII+305 pp., figs. and tables, £10.50

CONTENTS. - I. Assay Methods. - II. Physiology. 1. During Fetal Life and Development. - 2. Role in the Control of Fertility. - III. Pathology. 1. Characterization of Hyperprolactinemic Amenorrhea. - 2. Management of Hypoerprolactinemic Amenorrhea.

CUATRECASAS, P. and GREAVES, M. F. (eds.) - RECEPTORS AND RECOGNITION
Series A, Vol. 2
Chapman and Hall, London, 1976
VIII+229 pp., figs. and tables, £6.00

CONTENTS. - 1. A Structural Basis for Molecular Recognition: the Antibody Case, by D. GIVOL. - 2. Calcium and Cell Activation, by B. D. GOMPERTS. - 3. Cell Traffic, by M. A. B. DE SOUSA. - 4. Incompatibility in Flowering Plants, by D. LEWIS. - 5. Catecholamine Receptors, by A. LEVITSKI.

CUOMO, M. - IMPIANTI NUCLEARI
UTET, Torino, 1976
XII+516 pp., figs. and tables, L. 19.000

L'opera tratta, con particolare rigore scientifico, dell'energia nucleare nel panorama energetico, delle risorse uranifere e degli impianti di lavorazione del combustibile, del ciclo del combustibile, degli schemi di impianto delle principali filiere di reattori, dei reattori di potenza e di ricerca, delle applicazioni dell'energia nucleare, degli elementi di progettazione nucleare, termoidraulica e tecnologica, dei combustibili nucleari, dei componenti caratteristici dei reattori e delle disposizioni di impianto, del controllo e della strumentazione nucleare e infine dei numerosi problemi di sicurezza nucleare che condizionano la progettazione e la installazione delle centrali elettronucleari.

DARBY, W. J., GHALIOUNGUI, P. and GRIVETTI, L. - FOOD: THE GIFT OF OSIRIS, 2 Vols.
Academic Press, London, 1977
XXXIII, XXVI+877 pp., figs. and tables, £12.50 respectively

Containing 10 colour plates and more than 340 black and white photographs and line drawings, these two volumes cover a period extending from the time of prehistoric nomadic hunters, through the agricultural revolution to the era of great expansion in Ancient Egypt. The first volume concentrates on animal based products — chiefly the prerogative of the affluent — while the second deals with

cereals, vegetables, fruits and alcoholic beverages, the staple diet of the majority of the race. In each case, medical uses of certain foods are considered as well as nutritional disturbances that are related to the specific diet of the different classes of Ancient Egyptians. Many proverbs and street cries make an amusing and highly informative addition to these volumes, shedding at the same time much light on currently held attitudes towards food. The appeal of this work is not restricted to one group of specialists: Egyptologists, nutritionists, food scientists, sociologists, archaeologists and historians will be fascinated by these magnificent books, but so will anyone who is interested in Ancient Egyptian art and culture or curious about his own food heritage.

DAVIES, P. C. W. - SPACE AND TIME IN THE MODERN UNIVERSE
Cambridge University Press, Cambridge, 1977
VIIII+232 pp., tables, £2.95

CONTENTS. - 1. The Many Faces of Space and Time. - 2. The Relativity Revolution. - 3. The Asymmetry of Past and Future. - 4. Gravitation and the Bending of Space-Time. - 5. Modern Cosmology. - 6. The Beginning and the End. - 7. Mankind in the Universe.

DAVISON, A. N. (ed.) - BIOCHEMICAL CORRELATES OF BRAIN STRUCTURE AND FUNCTION
Academic Press, London, 1977
XIII+345 pp., tables, £14.00

In this collection of studies, neurobiologists from widely different disciplines survey recent research on the biochemical basis of normal brain structure and function, with the emphasis on an interdisciplinary viewpoint. The book falls into three sections: the developing brain; chemical-structural correlations; and the biochemistry of behaviour. Amongst the many aspects of the brain which are examined are the molecular basis of nerve differentiation and the growth of the brain; the concept of the cell cycle and its control; the properties of the retina and its functional biochemistry with special reference to the cyclic nucleotides; the alteration of glucose utilization in the brain in response to changes in local functional activity; the role of the pituitary hormone peptides; the neuro-chemistry of learning; and the biochemistry of sleep. Neuroscientists should find the text both interesting and novel; and biochemists, psychiatrists, clinical psychologists and pharmacologists in many different fields of research will profit from its wide and thorough coverage of this important subject.

DEFONTAINE, J. - MANUEL DE RÉÉDUCATION PSYCHOMOTRICE
Maloine S.A. Editeur, Paris, 1976
352 pp., figs. and tables, Fr. 120

Ce manuel, premier ouvrage portant sur le programme officiel de première année, effectue une mise en place et une synthèse entre les notions fondamentales du corps: Avoir, Être, Pouvoir Faire, Savoir Faire... Trois points essentiels sont dégagés par l'auteur: 1) Le Concept psychomoteur. - 2) Le Domaine de la psychomotricité. - 3) L'Action Rééducative du Psycho-Rééducateur.

DIJKSTRA, E. W. - A DISCIPLINE OF PROGRAMMING
Series: Prentice Hall Series in Automatic Computation
Prentice Hall, Hemel Hempstead (England), 1976
XVII+217 pp., £14.00

A Discipline of Programming is based on the author's well-tested conviction that a carefully chosen separation of concerns is essential in every respect of the design of high-quality programs. Here he focuses on and solves, with fresh insight and originality, a separate problem of design in each chapter. Rather than choosing one of the existing programming languages to work with, he has designed a mini-language that helps to stress the more fundamental aspects of the programming task. It facilitates nontrivial, satisfactory designs, enabling the user to go to the core of the problem quickly without getting caught up in the intricacies of handling a more complex language.

DILLER, J. and MÜLLER, G. H. (eds.) - ISILC - PROOF THEORY SYMPOSION
Proceedings of the International Summer Institute and Logic Colloquium, Kiel 1974
Series: Lecture Notes in Mathematics, Vol. 500
Springer-Verlag, Berlin, 1975
VIII+383 pp., DM 32,—

This book, devoted to Kurt Schütte on his 65th birthday, contains many contributions, by various authors dealing with Proof theoretical arguments.

*** DISCOURS BIOLOGIQUE ET ORDRE SOCIAL
Éditions du Seuil, Paris, 1977
286 pp., tables, No price stated

CONTENTS. - 1. Les arguments pour une nouvelle « logique du vivant », by G. VIGNAUX. - 2. Apprentissage et technologie comportementale: B. F. Skinner, by P. NÈVE. - 3. Le péché capital de l'éthologie: K. Lorenz, by E. LAGE. - 4. Biologie et gestion des corps, by A. CHAUVENET. - 5. La biologie dans les représentations de l'économie. Croissance et développement, by P. ACHARD. - 6. Écologie et biologie, by F. LENTIN. - 7. Les machineries du vivant. Arguments et représentations, by G. VIGNAUX. - 8. En guise de conclusion, by P. ACHARD.

DIXON, L. C. W. (ed.) - OPTIMIZATION IN ACTION
Academic Press, London, 1976
XI+622 pp., tables, £13.50

This book is the proceedings of a conference on Optimization in Action held at the University of Bristol, England in January 1975, organised by The Institute of Mathematics and Its Applications. The conference brought together practising optimizers from industry and algorithm developers to discuss how algorithms are being applied and which new developments will be useful to industry. These proceedings contain a number of industrial case studies of the application of unconstrained optimization and nonlinear programming techniques, as well as six survey papers. Practising engineers will find invaluable the guidance given here

on the possible application of optimization to their particular problems. Equally, undergraduate and postgraduate students of optimization will welcome a volume that, containing practical case studies, can serve both as text and reference book.

DOBZHANSKY, TH., AYALA, F. J., STEBBINS, G. L. and VALENTINE, J. W. - EVOLUTION
W. H. Freeman and Company, Reading (Mass.), 1977
XIV+572 pp., figs. and tables, $17.50

CONTENTS. - 1. The Nature of Evolution. - 2. The Genetic Structure of Populations. - 3. The Origin of Hereditary Variation. - 4. Natural Selection. - 5. Populations, Races, Subspecies. - 6. Species and their Origins. - 7. Patterns of Speciation. - 8. Transspecific Evolution. - 9. Phylogenies and Macromolecules. - 10. The Geological Record. - 11. Cosmic Evolution and the Origin of Life. - 12. Evolution of Prokaryotes and Unicellular Eukaryotes. - 13. The Evolutionary History of Metazoa. - 14. Evolution of Mankind. - 15. The Future of Evolution. - 16. Philosophical Issues.

DUMOULIN, J. and LORIAX, C. - ELÉMENTS DE THERMOGRAPHIE INFRAROUGE
Librairie Maloine S.A. Editeur, Paris, 1977
110 pp., figs., Fr. 120

Ce livre qui n'a pas la prétention d'être complet a été conçu dans un but pratique et didactique, il pourra intéresser de nombreux médecins spécialistes: gynécologues, obstétriciens, sénologues, cardiologues, radiologistes, électrologistes, traumatologues, sans oublier les rhumatologues et les dermatologues. Cet ouvrage sera un guide utile pour tous ceux qui abordent l'étude de la thermographie infrarouge, il permettra grâce à son iconographie en noir et blanc et en couleur de rendre claire cette nouvelle méthode de diagnostic.

EATON, K. J. (ed.) - WIND EFFECTS ON BUILDINGS AND STRUCTURES
Proceedings of the Fourth International Conference on Wind Effects on Buildings and Structures, Heathrow, 1975
Cambridge University Press, Cambridge, 1976
XIII+845 pp., figs. and tables, £25.00

A conference to discuss the effects of wind has been held every four years since 1963. This book, the proceedings of the fourth, held in London under the auspices of the Building Research Establishment, contains a wide range of papers and discussion which describe recent developments in the areas of meteorology, aerodynamics and structural engineering directed towards the effects of wind on buildings and structures. The content will therefore interest all individuals and institutions concerned with the design, construction and maintenance of buildings or other structures.

EDDOWES, M. - CROP PRODUCTION IN EUROPE
Oxford University Press, London, 1976
IX+318 pp., figs. and tables, £4.00

Part 1 is concerned with technical and applied scientific aspects, with chapters dealing with seed and seed management; fertilizers and manures; cultivation, drainage, and irrigation; crop protection; plant growth regulators; and the sequence of cropping. Each individual crop is then dealt with in detail. Part 2 covers economic aspects. References to further sources of information are provided throughout.

EIBL-EIBESFELDT, I. - I FONDAMENTI DELL'ETOLOGIA
Series: Collana di etologia, Vol. 1
Adelphi, Milano, 1976
XV+667 pp., figs. and tables, L. 30.000

L'etologia ha assunto in questi ultimi anni un'importanza che va ben oltre il suo ambito specifico. Non solo la biologia, ma la psicologia, la psichiatria, l'antropologia, la pedagogia e la sociologia hanno risentito fortemente delle scoperte degli etologi. In questo manuale l'autore, che è egli stesso uno dei protagonisti attuali della ricerca etologica, presenta le principali ricerche e i risultati conseguiti e discute le posizioni delle varie scuole che in questo momento si scontrano sugli enormi problemi che rimangono aperti.

CONTENTS. - I. Storia e compiti dello studio comparato del comportamento (etologia). - II. L'etogramma: inventario del comportamento. - III. La coordinazione ereditaria (le capacità innate). - IV. I fattori motivanti. - V. Il comportamento quale risposta agli stimoli. - VI. Segnali scatenanti (movimenti espressivi e altri segnali sociali). - VII. Zimbelli naturali e mimetismo. - VIII. Catene di reazioni. - IX. L'organizzazione gerarchica del comportamento. - X. Comportamento conflittuale. - XI. Genetica dei moduli comportamentali. - XII. Evoluzione filogenetica dei moduli comportamentali. - XIII. Ontogenesi dei moduli comportamentali. - XIV. I meccanismi dell'apprendimento. - XV. Ecologia e comportamento. - XVI. L'orientamento nello spazio. - XVII. I fattori temporali nel comportamento. - XVIII. L'etologia umana.

ELDER, J. - THE BOWELS OF THE EARTH
Oxford University Press, Oxford, 1976
XI+222 pp., figs. and tables, £6.00

This book is the first systematic text on the dynamics of the Earth's interior, bridging the gap between books on crustal geology and the technically complex and more specialized geophysical works. There is throughout an emphasis on models, both laboratory models and simple theoretical sketches. There is also an elaborate 'glossary-index' and a set of arresting and thought-provoking review questions. The author's approach is informal and provocative and this introduction to geophysics will stimulate not only students and more experienced scientists, but anyone who is interested in learning more about the interior of our Earth.

ELKANA, Y. - LA SCOPERTA DELLA CONSERVAZIONE DELL'ENERGIA
Series: I fatti e le idee - Saggi e Biografie, Vol. 366
Feltrinelli Editore, Milano, 1977
274 pp., L. 7.000

CONTENTS. - 1. Introduzione. - 2. La tradizione della meccanica. - 3. Il calore e l'energia. - 4. La fisiologia. - 5. Sulla conservazione della forza. - 6. L'ambiente istituzionale. - 7. Lo sfondo filosofico. - 8. Critiche e questioni aperte.

EMOND, R. T. D. - ATLAS EN COULEURS DES MALADIES INFECTIEUSES
Maloine S.A. Editeur, Paris, 1977
386 pp., figs., Fr. 148

Cet ouvrage est facile à lire. Il est appelé à rendre de grands services à tous ceux qui sont en contact journalier avec les maladies infectieuses dont le diagnostic pose souvent un problème au généraliste. Le chapitre consacré à la variole et à la vaccine comporte une iconographie riche et variée à propos d'une affection que peu de médecins ont eu l'occasion de rencontrer: même si son éradication semble totale, il est intéressant de la connaître, ne serait-ce que pour son intérêt historique et pour les grandes épidémies qui ont décimé l'humanité.

CONTENTS. - 1. Préface. - 2. Composantes des éruptions. - 3. Infections bactériennes et fongiques. - 4. Infections virales. - 5. Affections diverses. - 6. Infections chez les sujets qui ont des troubles de l'immunité.

FAIVRE, J. - PRÉCIS DE CHIRURGIE ESTHÉTIQUE
Maloine S.A. Editeur, Paris, 1976
198 pp., tables, Fr. 120

CONTENTS. - 1. Les seins. - 2. Le lifting. - 3. Les paupières. - 4. Le nez. - 5. L'abdomen. - 6. Les oreilles. - 7. Les cheveux. - 8. Divers.

FLUCK, E. and GOLDANSKII, V. I. (eds.) - MODERN PHYSICS IN CHEMISTRY, Vol. 1
Academic Press, London, 1976
XIII+406 pp., tables, £18.50

This book is a collection of papers describing the basic principles of various physical methods such as X-ray spectroscopy, electron paramagnetic resonance, nuclear quadrupole resonance or Mössbauer spectroscopy. Throughout, the contributors emphasise the contribution which these techniques have made to the solution of chemical, physico-chemical and biological problems rather than dealing with details of the methodology. Some of the chapters cover methods which have found many applications. Although they are also intended to draw the reader's attention to future developments, their primary function will be to act as reference papers marking major innovations in the field. Other chapters — for instance, those on positronium in chemistry and mesic chemistry — deal with methods which are not yet generally accepted in chemistry: hopefully, these articles will break new ground. All in all, the work will prove of value to research workers and graduate students in all branches of chemistry, but especially physical chemistry. The topics discussed should also be of value to biologists working in many fields.

FOUST, O. J. (ed.) - SODIUM-NaK ENGINEERING HANDBOOK
Sodium Flow, Heat Transfer, Intermediate Heat Exchangers, and Steam Generators, Vol. 2
Gordon and Breach Science Publishers Ltd., London, 1976
XII+390 pp., figs., tables and plates, £17.00

This handbook, comprised of five volumes, is intended for use by present and future designers in the Liquid Metals Fast Breeder Reactor (LMFBR) Program and by the engineering and scientific community performing other type investigation and experimentation requiring high-temperature sodium and NaK technology. The arrangement of subject matter progresses from a technological discussion of sodium and sodium-potassium alloy (NaK) to discussion of various categories and uses of hardware in sodium and NaK systems. Through the technology described in this book, the designers will have a basis for freeing their imaginations from the bonds of small-scale experience and create systems and components which incorporate the lessons of the past into the industrial requirements of the future.

FRANKEL, R. and GALUN, E. - POLLINATION MECHANISMS, REPRODUCTION AND PLANT BREEDING
Series: Monographs on Theoretical and Applied Genetics, Vol. 2
Springer-Verlag, Berlin, 1977
XI+281 pp., figs. and tables, DM 60,—

This book handles pollination mechanisms in a broad sense—i.e., the conveyance of the pollen grain to the female gametophyte, the germination and growth of the male gametophyte, fertilization, modes of pollen dispersal, the mechanisms assuring or preventing self-pollination, all in the light of plant breeding and crop production, so that the discussions are restricted to angiosperms and gymnosperms. The first part of the book describes modes of reproduction in higher plants and discusses ecology and dynamics of pollination; the second, crops propagated by self-pollination and their specific breeding; the third details sexual reproduction in higher plants and the mechanisms involved in the prevention of self-pollination. The book furnishes a broad foundation for crop production and plant breeding; it may also serve as a text in advanced plant breeding courses.

FREY-WYSSLING, A. - THE PLANT CELL WALL
Series: Encyclopedia of Plant Anatomy, Band III, Teil 4
Gebrüder Borntraeger Verlag, Berlin, 1976
XI+294 pp., figs. and tables, DM 176.—

CONTENTS. - 1. Ultrastructure and Biogenesis of the Cell Wall. - 2. Biochemistry of the Cell Wall. - 3. Biophysics of the Cell Wall.

FRITTS, H. C. - TREE RINGS AND CLIMATE
Academic Press, London, 1976
XIII+567 pp., figs. and tables, £16.00

This book is the first complete and authentic treatment of a rapidly developing subject — dendroclimatology, or the use of tree rings to study past and present climate. It introduces the reader to the basic facts, concepts, and principles of the field, describes the techniques, procedures, and models currently in use, and draws together a variety of studies into a systematic and unified treatment of the subject. The book includes information of interest to workers in a variety of disciplines. It describes field studies of growth-controlling processes, tree-growth response analyses, and models of growth which should be of particular interest to forest biologists. The various climatic reconstructions should be of value to historians, geologists, and anthropologists. Statistical techniques described in the volume should prove useful to the quantitative biologists, and assessments of environmental impact and analyses of plant-environmental relationships should be of special interest to the ecologists. But for the climatologists and environmentalists, this volume marks the establishment of dendroclimatology as a viable discipline important in the study of climatic history, climatic variation, and possible causes of climatic change.

FRÖRLICH, A. (ed.) - ALGEBRAIC NUMBER FIELDS
(L-function and Galois Properties)
Academic Press, London, 1977
XII+704 pp., £16.00

This volume is the outcome of a symposium on L-functions and Galois properties of algebraic number fields, held from 2 to 12 September 1975, in the University of Durham. It was organised by the London Mathematical Society, with the generous financial support of the Science Research Council, aided further by a grant from the Royal Society. Almost all the lectures given at the symposium are recorded here. In many cases the presentation has been expanded and new relevant material added.

GEORGE, F. H. - PRECISION, LANGUAGE AND LOGIC
Pergamon Press, Oxford, 1977
XI+216 pp., tables, $17.50

CONTENTS. - I. Some Basic Logic. 1. A Background to Logic. - 2. Propositions and the Syllogism. - 3. First Steps in Symbolic Logic. - 4. The Propositional Calculus. - 5. Properties of the Propositional Calculus. - 6. The Functional and Predicate Calculus. - II. Logic, Probability and Philosophy. 7. Scientific Method. - 8. Induction and Hypothesis Formation. - 9. Probability and Statistics. - 10. Language and Philosophy. - 11. Epistemology. - 12. A Pragmatic Theory of Behaviour. - III. Formalisation. 13. Applied Logic. - 14. Formalisation. - 15. Automata Theory. - 16. A Neural Net Approach to Pragmatic Theory. - 17. Hierarchical Nets.

GERLACH, S. A. - MEERESVERSCHMUTZUNG
Diagnose und Therapie
Springer-Verlag, Berlin, 1976
VI+145 pp., tables, DM 24,—

CONTENTS. - 1. Enleitung. - 2. Häusliche Abwässer. - 3. Industrielle Abwässer. - 4. Versenkung von Abfällen auf hoher See. - 5. Ölverschmutzung. - 6. Besondere Probleme bei persistenten Schadstoffen. - 7. Ist Quecksilber ein Problem der globalen Meereverschmutzung? - 8. Globale Meereverschmutzung mit blei. - 9. Weitere Schwermetalle und Spurenelemente. - 10. Globale Meereverschmutzung mit Chlorokohlenwasserstoffen. - 11. Gesetze gegen Meereverschmutzung.

GIDDENS, A. - NEW RULES OF SOCIOLOGICAL METHOD
A Positive Critique of Interpretative Sociologies
Hutchinson and Co. Publishers Ltd., London, 1976
192 pp., £2.45

CONTENTS. - 1. Some Schools of Social Theory and Philosophy. - 2. Agency, Act-identifications and Communicative Intent. - 3. The Production and Reproduction of Social Life. - 4. The Form of Explanatory Accounts. - Conclusion: Some New Rules of Sociological Method.

GIRARD, J. - DEIMA
Prophètes paysans de l'environnement noir, Vol. 1
Les Evangiles selon la Prophétesse Bagué Honoyo, Vol. 2
Presses Universitaires de Grenoble, Grenoble, 1974
XV+492 and VIII+263 pp., plates, No price stated

CONTENTS. - VOLUME 1 - I. Animisme, fétichisme et prophétisme. L'animisme et le fétichisme cultuel définis comme des paliers culturels distincts. 1. Dynamique du fétichisme cultuel. - 2. Péché originel et rédemption messianique. - II. Biographie de la Prophétesse Bagué Honoyo. 1. 1892-1916. La jeunesse de Bagué Honoyo et les premiers signes de l'élection divine. - 2. 1922-1934. La vie de pénitence de Bagué Honoyo dans son village marital de Dagodou. - 3. L'installation de Bagué Honoyo au village de Lobogrou-Grobarédrou. - 4. 1942-1951. La naissance de l'Eglise Déima. - 5. La mort de la Prophétesse. - III. La spiritualité Déima. 1. Les Evangiles. - 2. Essai de synthèse de la cosmogonie Déima. - 3. Morphologie du sacré Déima. - IV. L'Eglise Déima. 1. La communeauté Déima après la mort de Bagué Honoyo. - 2. La notion de *Powa*. - 3. Le Clergé. - 4. La femme devant l'Eglise Déima. - V. Etude du rituel. 1. Devoirs et interdits des fidèles. - 2. Les cérémonies liturgiques collectives. - 3. Les cérémonies liturgiques individuelles. - VI. Le dynamisme de l'Eglise Déima. 1. Les rouages administratifs. - 2. Les réalisations matérielles. - 3. Les relations extérieures. - 4. Prosélytisme et expansion. - 5. Essai d'estimation démographique de l'Eglise Déima. - VII. Perspectives spirituelles et temporelles de la religion et de l'Eglise Déima. - VOLUME 2 - I. Evangiles du Vendredi. - II. Evangiles du Dimanche. - III. Annexes.

GOLDMAN, R., POLLARD, T. and ROSENBAUM, J. (eds.) - CELL MOTILITY
Book A: Motility, Muscle and Non-muscle Cells
Book B: Actin, Myosin and Associated Proteins
Book C: Microtubules and Related Proteins
Series: Cold Spring Harbor Conferences on Cell Proliferation, Vol. 3

Cold Spring Harbor Laboratory, Cold Spring Harbor (N.Y.), 1976
XXXVI+1373 pp., figs. and tables, No price stated

CONTENTS. - Book A. 1. Primitive Motile Systems. - 2. Muscle Contraction. - 3. The Association of Microfilaments and Microtubules with Surface Phenomena Related to Cell Motility. - 4. The Use of Antibodies in the Localization of Contractile Proteins and Microtubules in Muscle and Non-muscle Cells. - Book B. 5. Actin. - 6. Membranes and Their Association with Contractile Proteins. - 7. Myosin and Control Mechanisms. - Book C. 8. Cilia, Flagella, Axostyles and Neurons. - 9. Assembly of Microtubules in Vitro. - 10. Accessory Proteins in Microtubule Assembly. - 11. Mitosis.

GOMPERTS, B. D. - THE PLASMA MEMBRANE: MODELS FOR STRUCTURE AND FUNCTION
Academic Press, London, 1977
IX+224 pp., figs. and tables, No price stated

CONTENTS. - 1. Models for Membrane Structure. - 2. The Structure of Biological Membranes. - 3. Inducing Ion Permeability. - 4. Liposomes and Ionophores as Tools in Cell Biology.

GOUROU, P. - L'AMÉRIQUE TROPICALE ET AUSTRALE
Librairie Hachette, Paris, 1976
432 pp., figs., No price stated

CONTENTS. - I. Des conditions physiques favorables. - II. Paysages humains de l'Amérique tropicale et australe à la fin du XV^{e} siècle. - III. La géographie humaine en 1880. - IV. Le Mexique. - V. L'isthme américain. - VI. Antilles et Guyanes. - VII. Les pays andins. - VIII. L'Amérique australe tempérée. - IX. Le Brésil.

GRANT, V. - ORGANISMIC EVOLUTION
W. H. Freeman and Company, San Francisco, 1977
XIII+418 pp., tables, $17.50

CONTENTS. - I. Introduction. - II. Microevolution. - III. Natural Selection. - IV. The Problem of Acquired Characters. - V. Speciation. - VI. Macroevolution. - VII. From Organic Evolution to Human Evolution. - VIII. Social Implications.

HAKEN, H. - SYNERGETICS
An Introduction: Nonequilibrium Phase Transitions and Self-Organization in Physics, Chemistry and Biology
Springer-Verlag, Berlin, 1977
XII+325 pp., tables, DM 72,—

CONTENTS. - 1. Goal. - 2. Probability. - 3. Information. - 4. Chance. - 5. Necessity. - 6. Chance and Necessity. - 7. Self-Organization. - 8. Physical Systems. - 9. Chemical and Biochemical Systems. - 10. Applications to Biology. - 11. Sociology: A Stochastic Model for the Formation of Public Opinion. - 12. Some Historical Remarks on Outlook.

HOLDEN, A. V. - MODELS OF THE STOCHASTIC ACTIVITY OF NEURONES
Series: Lecture Notes in Biomathematics, Vol. 12
Springer-Verlag, Berlin, 1976
VII+368 pp., tables, DM 31,—

These notes have grown from a series of seminars given at Leeds between 1972 and 1975. They represent an attempt to gather together the different kinds of model which have been proposed to account for the stochastic activity of neurones, and to provide an introduction to this area of mathematical biology. The chapters start with fluctuations in membrane potential, proceed through single unit and synaptic activity and end with the behaviour of large aggregates of neurones. The author has chosen this sequence to suggest that the interesting behaviour of the nervous system — its individuality, variability and dynamic forms — may in part result from the stochastic behaviour of its components.

HOOK, E. B. and PORTER, I. H. (eds.) - POPULATION CYTOGENETICS
Studies in Humans
Academic Press, New York, 1977
XIV+374 pp., figs. and tables, $17.50

This volume presents a number of different approaches to such investigations which were considered at the 6th annual Symposium of the Birth Defects Institute in Albany, New York. These include studies of the frequency of abnormalities in embryos, fetuses and livebirths, and in a selected group of seven and eight year old children, providing estimates of the prevalence rate of these abnormalities in populations of which these groups are representative samples. Also included is an extensive discussion of data pertinent to the possibility of racial differencies in frequencey of chromosomal abnormalities.

HOUGHTON, J. T. - THE PHYSICS OF ATMOSPHERES
Cambridge University Press, Cambridge, 1977
XIII+203 pp., tables, £6.50

CONTENTS. - 1. Some Basic Ideas. - 2. A Radiative Equilibrium Model. - 3. Thermodynamics. - 4. More Complex Radiation Transfer. - 5. The Upper Atmosphere. - 6. Clouds. - 7. Dynamics. - 8. Atmospheric Waves. - 9. Turbulence. - 10. The General Circulation. - 11. Numerical Modelling. - 12. Global Observation. - 13. Atmospheric Predictability and Climatic Change.

HOYLE, F. - ASTRONOMY AND COSMOLOGY
A Modern Course
W. H. Freeman and Company, San Francisco, 1975
XIV+729 pp., figs., tables and plates, $15.95

CONTENTS. - I. A First Look at the Universe. 1. The Earth's Orientation to the Sun and the Stars. - 2. The Sun and the Stars. - 3. Galaxies. - II. Basic Ideas and Instruments. 4. Particles and Radiation in General. - 5. Particles and Radiation

in Practice. - III. Astrophysics. 6. The Formation of Stars and the Origin of the Galaxy. - 7. Atoms, Nuclei, and the Evolution of Stars. - 8. The Measurement of Astronomical Distances. - IV. The Solar Systems. 9. The Pioneers of Astronomy. - 10. The Physical Characteristics of the Solar System. - 11. The Origin of the Planets. - 12. Life in the Universe. - V. Radioastronomy. 13. Radioastronomy. - 14. The Most Powerful Radiosources. - VI. Cosmology. 15. Universal Geometry and Cosmology. - 16. The Origin of the Universe. - 17. The Steady-State Model. - 18. Final Considerations.

HÜBNER, K., LOBKOWICZ, N., LÜBBE, H. and RADNITZKY, G. (eds.) - DIE POLITISCHE HERAUSFORDERUNG DER WISSENSCHAFT
Gegen eine ideologisch verplante Forschung
Series: Kritische Wissenschaft
Hoffmann und Campe, Hamburg, 1976
226 pp., DM 24,—

CONTENTS. - I. Erster Teil. 1. Planung oder Politisierung der Wissenschaft. Zur Kritik einer kritischen Wissenschaftsphilosophie, by H. LÜBBE. - 2. Dogmatik und Skepsis: Folgen der Aufgabe der Wahrheitsidee für Wissenschaft und Politik, by G. RADNITZKY. - II. Zweiter Teil. 3. Erkenntnisleitende Interessen, by N. LOBKOWICZ. - 4. Freiheit oder Finalisierung der Forschung?, by G. ANDERSSON. - 5. Mathesis instrumentalis? Zur Problematik einer ausschliesslich anwendungsorientieren Mathematik, by H. POSER. - 6. Die Finalisierung der Wissenschaft als allgemeine Parole und was sich dahinter verbirgt, by K. HÜBNER. - 7. Sozialer Ursprung der Wissenschaft in Altertum und Neuzeit?, by M. SCHRAMM. - III. Dritter Teil. 8. Externe Bestimmung der Geisteswissenschaften?, by E. W. ORTH. - 9. Forschungpolitik und Geisteswissenschaften, by O. PÖGGELER. - 10. Ueberlegungen zur Planung der technischen und naturwissenschaftlichen Forschung, by H. SACHSSE. - IV. Vierter Teil. 11. Die Idee der Wahrheit und der Primat der Politik. Ueber die Konsequenzen der deutschen Ideologie für die Entwicklung der Wissenschaft, by H. ALBERT. - 12. 'Politisierte' Wissenschaft-Ansprüche ohne Legitimation, by E. TOPITSCH. - 13. Der Konservativismus des marxistischen Theorieverständnisses und seine gesellschaftspolitischen Folgen, by W. BECKER. - V. Fünfter Teil. 14. Drei Krankheiten des aktuellen Wissenschaftsbetriebes, by A. DIEMER. - 15. Ökonomische Interpretation der teutschen Universitätspolitik, by C. WATRIN. - VI. Sechster Teil. 16. Wissenschaft und Verwissenschaftlichung, by F. H. TENBRUCK.

HURLEY, A. C. - INTRODUCTION TO THE ELECTRON THEORY OF SMALL MOLECULES
Academic Press, London, 1976
x+329 pp., tables, £12.00

This book is written chiefly for undergraduate and postgraduate students of chemistry and physics, particularly those involved with theoretical chemistry and molecular physics. In addition, it will also prove valuable to anyone with a limited mathematical background who needs to appreciate and use the results of the many recent computations of molecular behaviour — physical, organic and inorganic chemists, biochemists, solid-state physicists and molecular biologists.

CONTENTS. - 1. Potential Energy Curves and Surfaces. - 2. Variational Wave Functions. - 3. The Hydrogen Molecule Ion. - 4. The Symmetry of Molecular Electronic States. - 5. The Hydrogen Molecule. - 6. The Determinantal Method. - 7. Molecular Orbitals and the Hartree-Fock Method.

*** I DOCUMENTI DEL RAPPORTO FAURE
L'educazione in divenire
Series: Educazione comparata e pedagogie, Vol. 42
Armando Armando Editore, Roma, 1976
399 pp., L. 6.500

Coloro che conoscono il Rapporto Faure troveranno in questo volume brani ed estratti dai testi originali di quei contributi su cui la Commissione dell'UNESCO presieduta da E. Faure costruì i bilanci e le prospettive dell'educazione nel mondo contemporaneo. La scelta dei brani è stata effettuata dal Segretario Generale dell'UNESCO in modo da offrire al lettore ottantuno autorevoli opinioni sulle più varie situazioni della didattica e della formazione umana, nell'Est comunista e nell'Ovest capitalista, nei paesi industriali avanzati e nei paesi emergenti del terzo mondo.

CONTENTS. - I. Il problema dell'educazione. 1. Il mondo cambia. - 2. Educazione e sviluppo delle società. - 3. Relazioni tra educazione ed economia. - 4. Crisi e contestazione. - 5. L'uomo completo. - 6. L'educazione permanente. - 7. Verso una società educante. - 8. La cooperazione internazionale. - II. Il tempo dell'innovazione. 9. L'innovazione necessaria. - 10. L'approccio strategico. - 11. Alcune riforme indicative. - 12. Il futuro della professione insegnante. - 13. Importanza dell'educazione prescolare. - 14. L'educazione degli adulti. - 15. Il contributo della tecnologia moderna.

JACOBS, J. A. - A TEXTBOOK ON GEONOMY
Adam Hilger Ltd., London, 1974
IX+328 pp., tables, £7.50

Mariner and Pioneer space-probes have stimulated further close study of an Earth that seems, in many respects, curiously different from all other planets investigated so far. What is almost a new science has emerged. For its name, 'Earth Science' is gaining some currency in the English-speaking world, but Professor Jacobs is hopeful that the neater 'Geonomy' will gain acceptance. The name was indeed proposed as long ago as 1903 by the great Charles Lapworth and has had its advocates since, so that our author's hope is not without distinguished precedent. The text will prove valuable to all students of geophysics, geology, and planetary science in general.

JEFFREYS, SIR H. and SWIRLES, B. (eds.) - COLLECTED PAPERS OF SIR HAROLD JEFFREYS ON GEOPHYSICS AND OTHER SCIENCES
Mathematics, Probability and Miscellaneous Other Sciences, Vol. 6
Gordon and Breach Science Publishers, London, 1977
XVIII+622 pp., figs. and tables, £35.30

CONTENTS. - XVIII. Dynamics. - XIX. Pure Mathematics and Computation. - XX. Relativity and Quantum Theory. - XXI. Probability and Scientific Method. - XXII. Botany. - XXIII. Psychology. - XXIV. Photography. - XXV. Appendix.

JOHNSTON, R. (ed.) - MARINE POLLUTION
Academic Press, London, 1976
XIV+729 pp., figs. and tables, £23.40

This book will promote a much wider understanding of the nature, effects, mechanisms and control of marine pollution. It is essentially a *practical* study, since all the contributors are actively engaged in research, advice and administration related to pollution. Worldwide pressures on the environment make it vital to consider not only the basic scientific questions but also problem-solving, decision-making, pollution evaluation and legislative control systems. Much of the book aims to meet the needs of the administrator who is striving to grasp pollution technology.

JÖRESKOG, K. G., KLOVAN, J. E. and REYMENT, R. A. - GEOLOGICAL FACTOR ANALYSIS
Series: Methods in Geomathematics, Vol. 1
Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1976
XII+178 pp., tables, Dfl. 60.00

Two of the authors of this volume are geologists with wide experience in the application of Factor Analysis in Geology, and the third author is a professional mathematician, well known for his work in revitalizing this branch of Mathematics. In this book, they apply Factor Analysis to geological problems.

JUDSON, S., DEFFEYES, K. S. and HARGRAVES, R. B. - PHYSICAL GEOLOGY
Prentice Hall, Englewood Cliff (N. J.), 1976
XV+560 pp., figs. and tables, $18.55

CONTENTS. - 1. A Beginning. - 2. A Changing Earth. - 3. Igneous Rocks. - 4. Weathering, Sedimentation, and Sedimentary Rocks. - 5. Metamorphism and Metamorphic Rocks. - 6. Geologic Time. - 7. Deformation of the Earth's Crust. - 8. Earthquakes and Earth Models. - 9. Geology of the Sea Floor. - 10. Plate Tectonics. - 11. Geology of the Continents. - 12. Continental Drift and the History of Continents. - 13. Slopes and Streams. - 14. Water Underground and in Glacier Ice. - 15. Shorelines and Deserts. - 16. Landscape. - 17. Useful Earth Materials. - 18. Fuels. - 19. Meteorites, the Moon, and Mars.

KAHRIG, E. and BESSERDICH, H. - DISSIPATIVE STRUKTUREN
Series: Fortschritte der experimentellen und theoretischen Biophysik, Vol. 21
Veb Georg Thieme, Leipzig, 1977
116 pp., figs. and tables, DM 29,—

CONTENTS. - 1. Vorbemerkungen. - 2. Einführung und theoretische Grundlagen. - 3. Dissipative Strukturen in physikalischen Systemen. - 4. Dissipative Strukturen in chemischen Systemen. - 5. Biologische dissipative Strukturen.

KALLENBERG, O. - RANDOM MEASURES
Akademie-Verlag, Berlin/Academic Press, London, 1977
104 pp., £6.00

CONTENTS. - 1. Foundations. - 2. Atoms and Diffuse Component. - 3. Uniqueness. - 4. Convergence. - 5. Existence. - 6. Infinite Divisibility, Generalities. - 7. Infinite Divisibility, Special Cases. - 8. Compounds. - 9. Symmetric Distributions. - 10. Palm Distributions. - 11. Characterizations Involving Palm Distributions.

KAMINA, P. - EXPLORATIONS FONCTIONNELLES EN OBSTÉTRIQUE
Maloine S.A. Editeur, Paris, 1977
192 pp., figs. and tables, Fr. 120

Ce livre, qui se veut avant tout guide pratique, propose en un seul volume tous les moyens d'investigation entrés ou qui entreront dans un avenir proche, dans la pratique quotidienne. L'auteur les a classés par ordre alphabétique, et les a illustrés d'une riche iconographie. D'un abord facile, il est utile à l'étudiant en médecine, et particulièrement recommandé aux élèves sages-femmes et aux étudiants préparant un C.E.S. de Gynécologie et d'Obstétrique. Il sera pour la sage-femme et l'accoucheur, un vademecum.

KEISLER, H. J., MOSTOWSKI, A., SUPPES, P. and TROELSTRA, A. S. (eds.) - BOOLE'S LOGIC AND PROBABILITY
Series: Studies in Logic and the Foundations of Mathematics, Vol. 85
North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1976
x+245 pp., $24.50

CONTENTS. - Requisites form Algebra, Logic and Probability. I. Logic. 1. Boole's Logical System and Class Terms. - 2. Formalization of Boole's Logic. - 3. Boole's Propositional Logic. - II. Probability. 4. Probability from Boole's Viewpoint. - 5. Boole's Probability Made Rigorous.

KIEFER, J. (ed.) - RADIATION AND CELLULAR CONTROL PROCESSES
Series: Proceedings in Life Sciences
Springer-Verlag, Berlin, 1976
xiv+321 pp., tables, DM 72,—

This book contains the proceedings of a conference held at the *Strahlenzentrum der Justus Liebig-Universität*, Giessen, Germany, from October 6 to October 10, 1975. About 40 scientists, mostly from European countries, came together to discuss specific aspects of modern radiation biology. The majority of the papers deal with 'simple eukaryotic systems' such as yeast, algae, slime moulds etc. The rationale that led to the planning of the symposium and the titles of the sessions is outlined in the Introduction.

CONTENTS. - I. Radiation and Metabolic Key Processes. - II. Repair and Recovery. - III. Cell Division and Progression.

KING, C. A. M. (ed.) - LANDFORMS AND GEOMORPHOLOGY
Concepts and History
Series: Benchmark Papers in Geology, Vol. 28
Dowden, Hutchinson and Ross, Inc., Stroudsburg (Penn.), 1976
XV+404 pp., tables, $40.35

CONTENTS. - I. History of Geomorphology. - II. Major Concepts in Geomorphology.

KOHONEN, T. - A SYSTEM-THEORETICAL APPROACH
Series: Communication and Cybernetics, Vol. 17
Springer-Verlag, Berlin, 1977
IX+176 pp., figs. and tables, DM 48,—

This monograph is an introduction to the mathematical theory of associative memory. As it is addressed to researchers and students working in many different fields, for instance, cybernetics, computer science, biomathematics, and mathematical psychology. A considerable amount of tutorial material has been included: mathematical operations in linear vector spaces, matrix equations, principles of associative data structures, logic description of search operations, physical implementation of associative memories, and a review of the biological foundations of memory. The primary objective, however, is to familiarize the reader with various processes and transforms by which associations between patterned items can be represented and stored. This approach makes it possible to relate many abstract concepts of information processing to the theories of learning, pattern recognition, estimation theory, etc., in a fresh way. The implications of these methods to the study of biological associative memory are also considered.

KRAUSE, W. (ed.) - APPLICATION OF VEGETATION SCIENCE TO GRASSLAND HUSBANDRY
Series: Handbook of Vegetation Science, Vol. 13
Dr. W. Junk b.v. Publishers, The Hague, 1977
XX+537 pp., figs. and tables, Dfl. 150,—

The *Handbook of Vegetation Science* is an international series prepared under REINHOLD TÜXEN as chief editor. Each of the 18 parts of the *Handbook* is to provide an up-to-date summary of knowledge and research methods in its area, bringing together articles on different aspects of the topic by scientists throughout the world. The subject *Application of Vegetation Science to Grassland Husbandry* is not limited by geographical boundaries. It is proposed to cover this subject in an internationally applicable work of reference. However, to avoid omissions it would have to embrace all the diversity of grassland from the Artic to the Equator. The term 'application' requires that the papers contained herein take into account both generally relevant scientific knowledge and the special needs of practical farming.

KRAYENBÜHL, H., MASPES, P. E. and SWEET, W. H. (eds.) - PAIN: ITS NEUROSURGICAL MANAGEMENT
Procedures on Primary Afferent Neurons, Part I
Central Procedures, Part II

Series: Progress in Neurological Surgery, Vols. 7 and 8
S. Karger, Basel, 1976 and 1977
x+266 and x+284 pp., figs. and tables, SFr. 189.— respectively

The neurosurgical management of pain is an approach of increasing importance. In part, this importance derives from the development of new, more precise methods of making selective lesions or manipulations with respect to pathways concerned with evocation of pain. The realization that pain may be suppressed by activation of normal inhibitory mechanisms also contributes to this increased importance. The use of neurosurgery in the management of pain is becoming better understood neurophysiologically, and the pragmatic methods for bringing it to clinical fruition are being slowly developed. Volumes 7 and 8 seek to inform neurobiologists and neurosurgeons of the new knowledge in these areas.

LANGE, O. L., KAPPEN, L. and SCHULZE, E.-D. (eds.) - WATER AND PLANT LIFE
Problems and Modern Approaches
Series: Ecological Studies, Vol. 19
Springer-Verlag, Berlin, 1976
xx+536 pp., figs. and tables, No price stated

From an ecological standpoint an analytical as well as a synoptic survey of the large field of plant water relationships is given in the present volume. The importance of water for plant life is treated from the molecular aspects of the cytoplasm to problems in cells and tissues, and from the whole organism on the one hand to ecosystems and vegetation zones on the other. The authors, all specialists in their field, describe the level of our present knowledge, point out the scientific problems that have recently arisen, and show directions of future research.

LAPERROUSAZ, E.-M. - QOUMRÂN
L'établissement essénien des bords de la Mer Morte. Histoire et archéologie du site
Editions A. & J. Picard, Paris, 1976
xiii+250 pp., figs. and plates, No price stated

CONTENTS. - I. A la découverte de Qoumrân. - II. Archéologie du site de Qoumrân-Feshkha. - III. Description des objects découverts sur le site de Qoumrân-Feshkha.

*** LA SCIENZA E LE SUE APPLICAZIONI TECNICHE
500 nuove ricerche ed esperienze operative di fisica, di biologia, di geografia, di astronomia
Armando Armando Editore, Roma, 1976
242 pp., figs. and tables, L. 6.500

Si tratta di un testo di metodologia per la didattica delle scienze.

CONTENTS. - 1. Risorse, strumenti e tecniche per l'insegnamento delle scienze. - 2. Scienze fisiche. - 3. Scienze biologiche. - 4. La Terra e le scienze dello spazio.

LASTREGO, C. and TESTA, F. - RICERCA D'AMBIENTE
Series: Cosa vuol dire quello che si vede?, Vol. 2
Zanichelli Editore, Bologna, 1977
96 pp., figs. and tables, L. 3.500

CONTENTS. - I. Misura uomo. - II. La campagna e la città. 1. Il paesaggio. - 2. Il posto in cui viviamo. - 3. La storia del centro abitato. - 4. I problemi della città. - III. I segni nella città. - IV. Comunicare con l'immagine.

LASTREGO, C. and TESTA, F. - COMUNICAZIONE DI MASSA
Series: Cosa vuol dire quello che si vede?, Vol. 3
Zanichelli Editore, Bologna, 1977
112 pp., figs. and tables, L. 3.700

CONTENTS. - I. La stampa periodica. 1. I fumetti. - 2. I quotidiani. - 3. I rotocalchi. - II. La pubblicità. - III. Il cinema. 1. Fare un film. - 2. Noi spettatori. - 3. Il cinema d'animazione. - IV. La televisione.

*** LA TERRA NELLO SPAZIO
Series: Scienza della Terra, Vol. C
Zanichelli Editore, Bologna, 1977
VIII+120 pp., figs. and tables, L. 2.200

CONTENTS. - 18. La Luna. - 19. Il Sole e il sistema solare. - 20. L'evoluzione delle stelle. - 21. L'evoluzione delle galassie.

LEIPP, E. - LA MACHINE À ÉCOUTER
Essai de psycho-acoustique
Masson, Paris, 1977
X+260 pp., figs. and tables, No price stated

CONTENTS. - I. La machine à écouter. 1. Position du problème. - 2. Problèmes d'images. - 3. Un schéma fonctionnel global du système auditif. - 4. L'oreille externe. - 5. L'oreille moyenne. - 6. L'oreille interne. - 7. Le cerveau: centre informatique. - 8. Performances du système auditif. - 9. Le comportement acoustique de l'homme. - 10. Conclusion de la première partie. - II. Quelques problèmes spécifiques. 11. Emergence physique et perceptive des signaux. - 12. Quelques problèmes pratiques de l'écoute musicale. - 13. L'écoute de la parole. - 14. L'écoute du bruit. - 15. Conclusions générales.

LEMAINE, G., MACLEOD, R., MULKAY, M. and WEINGART, P. (eds.) - PERSPECTIVES ON THE EMERGENCE OF SCIENTIFIC DISCIPLINES
Mouton/Aldine, The Hague/Chicago, and Maison des Sciences de l'Homme, Paris, 1976
XII+282 pp., Dfl. 47,—

CONTENTS. - I. Studies of Scientific Development. 1. The Origins and Structure of Agricultural Chemistry, by W. KROHN and W. SCHÄFER. - 2. Du Centenaire d'une Discipline Nouvelle: la Thermodynamique, by P. COSTABEL. - 3. The Case of Physical Chemistry, by R. G. A. DOLBY. - 4. The Emergence of Tropical Medicine: a Study in the Establishment of a Scientific Specialisty, by M. WORBOYS. - 5. La Biophysique en France: Critique de la Notion de Discipline Scientifique, by J. D. DE CERTAINES. - 6. The Development of Specialities in Science: the Case of X-ray Protein Crystallography, by J. LAW. - 7. Cognitive, Technical and Social Factors in the Growth of Radio Astronomy, by M. J. MULKAY and D. O. EDGE. - 8. The Development of Science and Scientific Knowledge: the Case of Radar Meteor Research, by G. N. GILBERT. - II. Theory and Method in the Study of New Disciplines. 9. Methodology in the Sociology of Science: Some Reflections on the Study of Radio Astronomy, by M. J. MULKAY. - 10. Theories and Methods in the Sociology of Science: an Interpretative Approach, by J. LAW. - 11. The Identification and Definition of Scientific Collectivities, by S. W. WOOLGAR. - 12. Resistance and Receptivity of Science to External Direction: the Emergence of New Disciplines under the Impact of Science Policy, by W. VAN DEN DAELE and P. WEINGART.

LETOKHOV, V. S. and CHEBOTAYEV, V. P. - NONLINEAR LASER SPECTROSCOPY
Series: Springer Series in Optical Sciences, Vol. 4
Springer-Verlag, Berlin, 1977
XVI+466 pp., tables, DM 68,—

CONTENTS. - 1. Introduction. - 2. Elements of the Theory of Resonant Interaction of a Laser Field and Gas. - 3. Narrow Saturation Resonances on Doppler-Broadened Transition. - 4. Narrow Resonances of Two-Photon Transitions Without Doppler Broadening. - 5. Nonlinear Resonances on Coupled Doppler-Broadened Transitions. - 6. Narrow Nonlinear Resonances in Spectroscopy. - 7. Nonlinear Atomic Laser Spectroscopy. - 8. Nonlinear Molecular Laser Spectroscopy. - 9. Nonlinear Narrow Resonances in Quantum Electronics. - 10. Narrow Nonlinear Resonances in Experimental Physics. - 11. Conclusion.

LETONTURIER, P. - MINI ENCYCLOPÉDIE MÉDICALE
Maloine S.A. Editeur, Paris, 1977 (7th Ed.)
360 pp., Fr. 48

Ce livre est une « mini-encyclopédie » réduite au format d'un livre de poche et donc facile à consulter. Sous ce format, ce livre condense, en fait, trois ouvrages en un seul: un vademecum clinique, un résumé thérapeutique, un répertoire biologique. Il permet de trouver rapidement, à propos d'une maladie, d'un syndrome, la description des signes cliniques essentiels, le rappel des principaux examens complémentaires nécessaires au diagnostic, l'énoncé des modalités générales de traitement. Pour les examens de laboratoire sont indiquées les valeurs normales ainsi que la signification des variations pathologiques. Ces notions de base fournissent un premier aperçu au débutant; plus tard, elles constituent un rappel pour celui qui les a oubliées. Cette première curiosité satisfaite, le lecteur pourra toujours consulter d'autres ouvrages, sûrement plus détaillés, mais bien plus encombrants.

*** L'IDÉOLOGIE DE/DANS LA SCIENCE
Series: Science ouverte
Editions du Seuil, Paris, 1977
257 pp., No price stated

CONTENTS. - 1. L'héritage problématique: Marx, Engels et les sciences de la nature, by H. ROSE and S. ROSE. - 2. L'enrôlement de la science, by H. ROSE and S. ROSE. - 3. Science/s, femme/s, idéologie/s, by L. STÉHELIN. - 4. Reproduction humaine, dépendance technologique et libération des femmes, by H. ROSE and J. HANMER. - 5. Mais ta physique?, by J.-M. LÉVY-LEBLOND. - 6. Politique de la neurobiologie: le biologisme au service de l'Etat, by H. ROSE and S. ROSE. - 7. Une critique de l'idéologie politique, by H.-M. ENZENSBERGER. - 8. Le savoir et les opinions, by R. FRANCK.

LOJDA, Z., GOSSRAU, R. and SCHIEBLER, T. H. - ENZYMHISTOCHEMISCHE METHODEN
Springer-Verlag, Berlin, 1976
IX+300 pp., figs. and plates, DM 58,—

Dieses Buch ist aus der Praxis für die Praxis geschrieben. Es enthält Rezepte Anleitungen zur Durchführung von mehr als 100 enzymhistochemischen Methoden. Jedes Verfahren ist von den Autoren selbst erprobt, häufig modifiziert und vielfach mit gutem Erfolg bei den verschiedensten Untersuchungen an normalen und pathologisch veränderten Organen eingesetzt worden. Theoretische Erörterungen sind auf das für die verständnisvolle Anwendung der Methode Notwendige beschränkt. Dafür wird aber jedes Verfahren kritisch gewertet und eingehend werden die Schwierigkeiten besprochen. Eine ausreichende Bilddokumentation an leicht zugängigen Kontrollorganen ermöglicht es dem Benutzer, die eigenen Ergebnisse zu überprüfen. Besonderer Wert wird auf die Darstellung der Gewebevorbehandlung gelegt. Die erforderlichen Apparaturen und Hilfsmittel sind kurz beschrieben.

LOMNITZ, C. and ROSENBLUETH, E. (eds.) - SEISMIC RISK AND ENGINEERING DECISIONS
Series: Developments in Geotechnical Engineering, Vol. 15
Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1976
IX+425 pp., figs. and tables, Dfl. 115,—

In this volume the philosophy of earthquake engineering is touched upon in the introduction; the following chapters deal with tectonics, seismic geology, soil dynamics, seismology, seismicity, tsunamis, structural response, design, and modern seismic instrumentation. The reader will thus find in this book the basic tools for obtaining and interpreting earthquake records, for drawing seismicity charts, and for deciding on design criteria at specific sites.

LOVETT, D. R. - SEMIMETALS AND NARROW-BANDGAP SEMICONDUCTORS
Series: Applied Physics Series, Vol. 10
Pion Limited, London, 1977
VIII+256 pp., tables, £8.50

CONTENTS. - I. General Preparation and Properties. 1. Introduction. - 2. Preparative Techniques. - 3. Crystal Symmetry and Band Properties. - 4. Statistics and Transport Properties. - 5. Device Applications. - II. Particular Systems. 6. Elements. - 7. Chalcogenide Binaries and their Mixed Systems. - 8. Other Compounds and Mixed Systems.

LYON-CAEN, R. and CROZET, J.-M. - MICROPROCESSEURS ET MICROORDINATEURS
Series: Monographies d'électronique
Masson, Paris, 1977
XII+173 pp., tables, Fr. 60

CONTENTS. - 1. Introduction aux microprocesseurs et aux microordinateurs. - 2. Le microprocesseur: principes, description, fonctionnement. - 3. Étude de la logique de contrôle d'un microprocesseur. - 4. Réalisation d'un microordinateur autour d'un microprocesseur. - 5. Exemple d'utilisation simple d'un microprocesseur. - 6. Programmation sur microordinateur logiciel d'aide à la mise au point. - 7. Essai de classification des principaux microprocesseurs actuels.

MALICKY, H. (ed.) - VERHANDLUNGEN DES SECHSTEN INTERNATIONALEN SYMPOSIUMS ÜBER ENTOMOFAUNISTIK IN MITTELEUROPA
Lunz am See (Österreich), 1.-6. September 1975
Verlag Dr. W. Junk b.v., Den Haag, 1977
XIV+375 pp., figs. and tables, Dfl. 95,—

CONTENTS. - I. Faunistik de Wasserinsekten, by H. MALICKY. - II. Faunistische Datenerfassung und -verarbeitung, by E. R. REICHL.

MANNING, M. J. and TURNER, R. J. - COMPARATIVE IMMUNOBIOLOGY
Series: Tertiary Level Biology
Blackie, Glasgow, 1976
VIII+184 pp., figs. and tables, £3.30

This book is written by zoologists who are actively engaged in immunological research, and is based on their experience in teaching immunobiology at degree level. Following an introduction to the basic principles of immunobiology, the authors examine the immunological status of the major animal groups, giving detailed consideration to the interplay between immune system and overall body structure, function and way of life. The volume is of particular interest to students of the comparative and evolutionary aspects of zoology, and offers a background in immunobiology to those studying developmental biology, cell biology, and animal pathology. Graduates and medical research workers interested in the phylogeny of the immune response will find it a valuable introduction.

MARCOZZI, V. - CASO E FINALITÀ
Series: Periscopio minore, Vol. 20
Editrice Massimo, Milano, 1976
239 pp., figs., L. 5.200

In quest'opera, l'Autore si propone anzitutto di chiarire i concetti di caso e finalità, facendone anche la storia. Poi espone i timori e gli argomenti degli antifinalisti per esaminarne la consistenza. Quindi applica i criteri che servono ad accertare l'esistenza di fini intesi ai vari settori della Biologia. Inizia dalle strutture e funzioni delle cellule; passa a considerare alcuni organi fondamentali di metazoi, i sistemi di protezione e di sostegno, l'esistenza di organi-utensili, i poteri di rigenerazione, di compenso, di sostituzione, di adattamento, di difesa e di sviluppo. Analizza il funzionamento del Codice genetico. E si intrattiene particolarmente sull'esposizione e lo studio degli istinti, specialmente quelli studiati recentemente.

MARSDEN, H. B. and STEWARD, J. K. (eds.) - TUMOURS IN CHILDREN
Series: Recent Results in Cancer Research, Vol. 13
Springer-Verlag, Berlin, 1976 (2nd Ed.)
XVI+500 pp., figs. and tables, DM 92,—

CONTENTS. - 1. Problems of Children's Tumours in Britain. - 2. Aetiology of Childhood Cancer: Epidemiological Approach, by R. W. MILLER. - 3. Some Variations in Childhood Cancers Throughout the World, by J. N. P. DAVIES. - 4. Leukaemia. - 5. Non-Leukaemic Reticuloendothelial Tumours and Leucosarcomas. - 6. Intracranial and Spinal Tumours. - 7. Tumours of the Sympathetic System. - 8. Retinoblastomas, by J. L. S. SMITH and M. A. BEDFORD. - 9. Connective Tissue Tumours. - 10. Renal Tumours. - 11. Teratomas and Other Genital Tumours, by N. J. BROWN and F. A. LANGLEY. - 12. Epithelial and Other Rare Tumours. - 13. Ewing's Tumours. - 14. Tissue Culture and Immunological Studies.

MATHÉ, G., FLORENTIN, I. and SIMMIER, M.-C. (eds.) - LYMPHOCYTES, MACROPHAGES, AND CANCER
Series: Recent Results in Cancer Research, Vol. 56
Springer-Verlag, Berlin, 1976
IX+160 pp., figs. and tables, DM 56,—

This volume contains the proceedings of the EORTC - Symposium 1975. It offers an up-to-date review of lymphocytes, macrophages and cancer. The first part discusses the important role lymphocytes and macrophages play in the host-tumor relationship. These cells are responsible for the immune surveillance against cancer. They are stimulated in cancer immunotherapy or in immunorestoration of immunodepressed patients. The second part is devoted to the neoplasias of lymphocytes and macrophages. The nature of Sternberg-cells is discussed. The WHO morphological categorisation of non-Hodgkin's lymphomas is presented as well as the new categorisation based on the cell surface immune markers.

MAXWELL, G. and ANDERSON, R. M. JR. (eds.) - INDUCTION, PROBABILITY, AND CONFIRMATION
Series: Minnesota Studies in the Philosophy of Science
University of Minnesota Press, Minneapolis, 1975
VIII+551 pp., $19.75

This book begins with essays which discuss general and fundamental problems of confirmation theory and its foundations, and these are followed by topics of a more specific or a more specialized nature. There are, in all, twenty essays by eighteen leaders in the field. They consider new approaches to such matters as the foundations of confirmation theory, the growth of scientific knowledge, and applications and interpretations of probability theory.

MAYR, E. - EVOLUTION AND THE DIVERSITY OF LIFE
Selected Essays
The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge (Mass.), 1976
IX+721 pp., tables, £15.00

In response to requests for a one-volume edition of Mayr's Essays, *Evolution and the Diversity of Life* has been compiled. The essays selected for inclusion have been drawn principally from Mayr's synthetic and theoretical contributions. They have been revised and edited by the author, who has added commentary and discussion reflecting his present views. Chosen for their relevance to major issues in biology and the history of biology, they are arranged in logical rather than chronological order and are grouped according to topic: evolution, speciation, history of biology, philosophy of biology, theory of systematics, the species, man, biogeography, and behavior.

MÉDIONI, J. and BOESIGER, E. (eds.) - LES MÉCANISMES ÉTHOLOGIQUES DE L'ÉVOLUTION
Hommage à Théodosius Dobzhansky
Colloque organisé sous les auspices de la Société Française pour l'Etude du Comportement Animal, Université de Rennes, 12-14 Novembre 1974
Series: Collection de biologie évolutive, Vol. 3
Masson, Paris, 1977
XVI+167 pp., figs. and tables, No price stated

CONTENTS. - I. La variation individuelle des traits de comportement: conditions génétiques et épigénétiques. - II. Les facteurs éthologiques de la dynamique des populations. - III. Les facteurs éthologiques de l'isolement reproductif. - IV. Les mécanismes éthologiques du maintient de l'étérogénéité dans les populations.

MEHRING, M. - HIGH RESOLUTION NMR SPECTROSCOPY IN SOLIDS
Series: NMR Basic Principles and Progress, Vol. 11
Springer-Verlag, Berlin, 1976
XI+246 pp., figs. and tables, DM 68,—

CONTENTS. - 1. Introduction. - 2. Nuclear Spin Interactions in Solids. - 3. Multiple-Pulse NMR Experiments. - 4. Double Resonance Experiments. - 5. Magnetic Shielding Tensor. - 6. Spin-Lattice Relaxation in Line Narrowing Experiments. - 7. Appendix.

MELCHERS, F. and RAJEWSKY, K. (eds.) - THE IMMUNE SYSTEM
27. Colloquium der Gesellschaft für Biologische Chemie, 29. April-1. Mai 1976, in Mosbach/Baden
Springer-Verlag, Berlin, 1976
XII+299 pp., figs. and tables, DM 72,—

CONTENTS. - 1. Antibody Structure. - 2. Antibody Structural Genes. - 3. Immunocompetent Cells. - 4. The Major Histocompatibility Complex and Cellular Recognition. - 5. General Aspects of the Immune System.

MELZI, G. - I SUPPORTI FISICI DELL'INFERENZA FORMALE
Rendiconti del Seminario Matematico di Brescia, Vol. 1
Series: Scienze Matematiche, Vol. 1
Vita e Pensiero, Pubblicazioni dell'Università Cattolica, Milano, 1976
XV+243 pp., L. 10.000

CONTENTS. - I. Introduzione. - II. La cella associativa. - III. Il neuromodello di una teoria deduttiva formalizzata elementare. - IV. Alcune conseguenze e prospettive della teoria dei neuromodelli.

MITCHELL-THOMÉ, R. C. - GEOLOGY OF THE MIDDLE ATLANTIC ISLANDS
Series: Beiträge zur regionalen Geologie der Erde, Vol. 12
Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1976
IX+382 pp., tables, DM 198,—

CONTENTS. - 1. Introduction. - 2. The Geography of Macaronesia. - 3. The Geology of Macaronesia. - 4. Geology of the Azores Archipelago. - 5. Geology of the Madeira Archipelago. - 6. Geology of the Selvagens Archipelago. - 7. Geology of the Canary Archipelago. - 8. Geology of the Cape Verde Archipelago. - 9. Caetera desunt.

MONK, J. D. - MATHEMATICAL LOGIC
Series: Graduate Texts in Mathematics, Vol. 37
Springer-Verlag, Berlin, 1976
X+531 pp., DM 48,40

CONTENTS. - I. Recursive Function Theory. - II. Elements of Logic. - III. Decidable and Undecidable Theories. - IV. Model Theory. - V. Unusual Logics.

MONTEFOSCHI, S. - L'UNO E L'ALTRO
Series: Biblioteca di Psichiatria e di Psicologia clinica
Feltrinelli Editore, Milano, 1977
368 pp., L. 8.500

CONTENTS. - I. L'interdipendenza e l'intersoggettività. 1. L'analisi dell'esperienza. - 2. I due modelli di rapporto e la loro interferenza. - 3. Il metodo. - 4. Il rap-

porto madre-figlio. - 5. L'interdipendenza tra i ruoli maschili e femminili. - 6. Considerazioni sul metodo psicoanalitico. - II. Proposta per una fenomenologia del soggetto. 7. Contraddizione tra prassi e teoria nell'ambito del pensiero psicoanalitico. - 8. La contraddizione in Freud. - 9. Elaborazione della contraddizione a livello di teoria metapsicologica. - 10. Il senso della proposta.

MORROW, W. K. F. and MORRISON, J. D. - L'ANESTHÉSIE EN OTO-RHINO-LARYNGOLOGIE ET EN OPHTALMOLOGIE
Maloine S.A. Editeur, Paris, 1977
192 pp., figs. and tables, Fr. 70

Ce livre concerne un très large public et il s'adresse aussi bien aux otorhinolaryngologistes et aux ophtalmologistes qu'aux anesthésiologistes, car une connaissance commune des problèmes à résoudre est nécessaire pour assurer la sécurité des malades qui se confient à l'équipe chirurgicale.

CONTENTS. - 1. Anesthésie pour la chirurgie courante du nez et de la gorge. - 2. Endoscopie par voie bucale. - 3. La trachéotomie. - 4. Obstruction aiguë des voies respiratoires chez l'enfant. - 5. Résections chirurgicales majeures. - 6. Traumatismes de la face et du cou. - 7. Hypotension contrôlée. - 8. Anesthésie pour la microchirurgie de l'oreille. - 9. Anesthésie pour la chirurgie ophtalmologie. - 10. Anesthésie locale.

MOUNOLOU, J.-C. and VIGIER, PH. - PRÉCIS DE GÉNÉTIQUE PHYSIOLOGIQUE
Series: Collection SUP - Le biologiste, Vol. 12
Presses Universitaires de France, Paris, 1976
240 pp., tables, No price stated

CONTENTS. - I. Qu'est-ce qu'un gène? - II. La reproduction de l'information génétique. - III. Code génétique et synthèse protéique. - IV. La variabilité du matériel génétique. - V. Le brassage de l'information: la recombinaison génétique. - VI. Contrôle et régulation d'une fonction cellulaire. - VII. Développement et différenciation cellulaire. - VIII. Hérédité cytoplasmique.

MUELLER, R. F. and SAXENA, S. K. - CHEMICAL PETROLOGY
Springer-Verlag, Berlin, 1977
XII+394 pp., figs. and tables, DM 72,80

CONTENTS. - 1. Energetic basis. - 2. Equilibrium of Mineral Systems. - 3. Kinetics of Mineral Systems. - 4. Classifications of Rocks. - 5. Chemical and Petrogenetic Processes in Space. - 6. Meteorites. - 7. The Terrestrial Planets. - 8. Metamorphism and Metamorphic Mechanisms. - 9. Metamorphic Minerals. - 10. Metamorphic Mineral Facies. - 11. Experimental and Theoretical Study of Metamorphic Systems. - 12. Properties, Origin, and Environment of Magmas. - 13. Differentiation and

Crystallization of Magmas. - 14. Igneous Plutons: Their Physical Chemistry and Mode of Occurrence. - 15. Volcanism and Volcanic Fluids.

MULKAHY, D. L. (ed.) - GAMETE COMPETITION IN PLANTS AND ANIMALS
Proceedings of the Symposium on Gamete Competition in Plants and Animals, Villa Carlotta, Lake Como, Italy, 21-23 August, 1975
North-Holland Publishing Company/American Elsevier Publishing Company, Amsterdam/New York, 1975
IX+288 pp., figs. and tables, $27.50

A total of 28 papers were presented at the meeting at Villa Carlotta, Lake of Como, Italy, by a group of botanists, biologists and zoologists and are here contained in this volume the purpose was to discuss and consider *Gamete Competition in Plants and Animals*. The fact that botanists outnumbered zoologists by a wide margin, in itself, foretold one of the more compelling generalizations reached during the meeting: haploid transcription is apparently a relatively rare and insignificant phenomenon among higher animals. Within the angiosperms, in contrast, the evidence for haploid transcription, and its functional significance, seems indisputable. This contrast was nicely indicated by cases in which botanists (Prof. Ottaviano et al.) and zoologists (Prof. Beatty) employed some of the same methods to test for biologically significant haploid transcription. Positive results were obtained by the botanists whereas those obtained by Professor Beatty were decisively negative. Beyond this, a second, and very different, generalization seems clear: the bringing together of diverse groups of investigators is an extremely stimulating and salutory experience.

MÜLLER, G. H., OBERSCHELP, A. and POTTHOFF, K. (eds.) - ISILC - LOGIC CONFERENCE
Proceedings of the International Summer Institute and Logic Colloquium, Kiel 1974
Series: Lecture Notes in Mathematics, Vol. 499
Springer-Verlag, Berlin, 1975
VI+651 pp., DM 49,—

CONTENTS. - 1. An Observation on the Product of Silver's Forcing, by Z. ADAMOWICZ. - 2. Recursively Unsolvable Algorithmic Problems and Related Questions Reexamined, by E. BORGER. - 3. Lectures on Large Cardinal Axioms, by W. BOSS. - 4. Indescribability Properties and Small Large Cardinals, by K. DEVLIN. - 5. Marginalia to a Theorem of Silver, by K. DEVLIN and R. JENSEN. - 6. Computation Theories: An Axiomatic Approach to Recursion on General Structures, by J. FENSTAD. - 7. Closed Models and Hulls of Theories, by R. FITTLER. - 8. Axioms of Choice in Morse-Kelley Class Theory, by T. FLANNAGAN. - 9. First-order Logic and its Extension, by J. FLUM. - 10. Set Theory in Infinitary Languages, by K. GLOEDE. - 11. Sur la Méthode en Histoire de la Logique, by C. IMBERT. - 12. The Model Theory of Local Fields, by S. KOCHEN. - 13. Quantifier Elimination, by P. KRAUSS. - 14. Intensional Semantics for Natural Languages, by F. V. KUTSCHERA. - 15. On Extendability of Models of ZF Set Theory to the Models of Kelley-Morse Theory of Classes, by W. MAREK and A. MOSTOWSKI. - 16. Many-valued Algorithmic Logic, by H. RASIOWA. - 17. The Least Σ_2^1 and π_2^1 Reflecting Ordinals, by W. RICHTER. - 18. Data Types as Lattices, by D. SCOTT.

*** NIELS BOHR COLLECTED WORKS (in 8 Volumes)
North-Holland Publishing Company, Amsterdam

With the appearance of Volume 1 in 1972, North-Holland Publishing Company commenced the publication of *Niels Bohr's Collected Works* in a comprehensive, critical 8-volume edition. The Publishers announce now the forthcoming appearance of Volumes 2, 3 and 4. NIELS BOHR'S contributions to our knowledge of the atomic constituents of matter, and to our view of science and other concerns, remain of fundamental importance to all engaged in the vast discipline called "Physics". The influence of Bohr's work, of his approach to research, both practical and theoretical, is widely felt today. Bringing together his writings will not only provide historians of science with a serviceable tool but will, above all, give those who value the spirit of science easy access to a life-work entirely devoted, with uncommon power and earnestness of purpose, to the rational analysis of the laws of nature and of the singular character of their meaning for us. In addition to BOHR'S published papers, the series will include unpublished manuscripts and a wide selection of letters and other documents, with explanatory introductions and notes. The collections of documents in the "Niels Bohr Archive" of Copenhagen, Denmark, and that of the "Sources for History of Quantum Physics Project" have been consulted extensively.

NIELSEN, J. R. (ed.) - EARLY WORK (1905-1911)
Vol. 1, 1972, XLVIII+608 pp., Dfl. 225.—

CONTENTS. - I. Surface Tension of Water - II. Electron Theory of Metals. - III. Selected Family Correspondence (1909-1916). - IV. Inventory of Manuscripts in the Niels Bohr Archive.

HOYER, U. (ed.) - WORK ON ATOMIC PHYSICS (1912-1917)
Vol. 2, 1977, about 700 pp., Dfl. 250.—

CONTENTS. - I. Absorption of Charged Particles. - II. Constitution of Atoms and Molecules. - III. Consolidation of the Quantum Theory of the Atom. - IV. Selected Correspondence (1912-1917). - V. Inventory of Manuscripts in the Niels Bohr Archive.

NIELSEN, J. R. (ed.) - THE CORRESPONDENCE PRINCIPLE (1918-1923)
Vol. 3, 1976, XII+702 pp., Dfl. 275.—

CONTENTS. - I. The Correspondence Principle. - II. Selected Correspondence (1917-1923).

NIELSEN, J. R. (ed.) - THE PERIODIC SYSTEM (1920-1923)
Vol. 4, 1977, X+764 pp., Dfl. 295.—

CONTENTS. - I. Atomic Structure. - II. Selected Correspondence (1920-1924). - III. Inventory of Manuscripts in the Niels Bohr Archive.

NURSE, G. T. and JENKINS, T. - HEALTH AND THE HUNTER-GATHERER
Series: Monographs in Human Genetics, Vol. 8
S. Karger, Basel, 1977
X+126 pp., tables, SFr. 51.—

This monograph presents an interim report on their health at a critical period in their history, and includes descriptions of their biological traits in a form which may be used as a basis for subsequent studies. Included are summaries of the results of work before 1966 and detailed accounts of genetic studies carried out since then, together with an outline of the major cultural factors affecting health and some highly tentative projections relating to future development.

OESER, E. - WISSENSCHAFT UND INFORMATION
Erkenntnis als Informationprozess, Vol. 2
Struktur und Dynamik erfahrungswissenschaftlicher Systeme, Vol. 3
Series: Scientia nova
R. Oldenbourg Verlag, Wien, 1976
144 and 160 pp., DM 21,— respectively

CONTENTS. - VOLUME 2 - 1. Der Informationsbegriff als Grundlage der Erkenntnistheorie. - 2. Die Semiotische Explikation des Informationsbegriffs und die Analyse des Informationsgehlats. - 3. Der Informationsprozess als Systemverhalten. - 4. Der Informationsverarbeitende Automat als Analogiemodell kognitiver Funktionen. - 5. Informationsprozesse und Informationsstrukturen. - 6. Der Algorithmus als grundlegendes Verfahren der automatischen Informationsverarbeitung. - 7. Die Grenzen der logischen Perfektionierung der automatischen Informationsverarbeitung. - 8. Planung und Organisation von Informationssystemen. - VOLUME 3 - 1. Wissenschaft als Informationssystem. - 2. Die Basis erfahrungswissenschaftlicher Erkenntnis: Systemrelative Elementarinformationen. - 3. Begriffsbildung durch Abstraktion: Die erste Stufe der Informationsverdichtung. - 4. Hypothesenbildung durch Induktion: Die zweite Stufe der Informationsverdichtung. - 5. Theorienbildung durch Konstruktion und Theorienstabilisierung durch Deduktion: Die dritte Stufe der Informationsverdichtung. - 6. Theoriendynamik: Der interne Mechanismus der Wissenschaftsentwicklung.

OLSON, R. - SCOTTISH PHILOSOPHY AND BRITISH PHYSICS, 1750-1880
A Study in the Foundations of the Victorian Scientific Style
Princeton University Press, Princeton (N. J.), 1975
VII+349 pp., $22.00

The author investigates the methodological arguments of the Common Sense philosophers Thomas Reid, Dugald Stewart, Thomas Brown, and William Hamilton and the line of possible transmission of their ideas to scientists from John Playfair to James Clerk Maxwell. His findings point out the need for modifications to the Duhem-Poincaré interpretation of British scientific style and the reassessment of the extent of Kantian influence on British physics in light of an independent native philosophical tradition.

O'MONGAIN, E. and O'TOOLE, C. P. (eds.) - PHYSICS IN INDUSTRY
Pergamon Press, Oxford, 1976
XVI+595 pp., figs. and plates, £17.00

Proposed and supported by the international Union of Pure and Applied Physics (IUPAP) and organised by the National Committee for Physics of the Royal

Irish Academy. The 84 papers presented reflect the increasing interest in 'applied' as distinct from 'pure' research and explore the depth and breadth of interests in the applications of physics. Of interest to research physicists in education and training in both developed and developing countries, research physicists in industry, applied physicists and engineers in technological universities and colleges, research supervisors and managers, industrial liaison officers in industry, government laboratories and universities.

OXFORD, J. S., DRASAR, F. A. and WILLIAMS, J. D. (eds.) - CHEMOTHERAPY OF HERPES SIMPLEX VIRUS INFECTIONS
Academic Press, London, 1977
VII+141 pp., figs. and tables, £4.80

General aspects of herpes infection in man, domestic animals and birds are described in the opening chapters, as is the basic virology, including herpes virus replication, and the range of molecules that have been recently investigated for virus inhibitory effects. The value of various laboratory model infections in the search for new drugs and the compounds used in clinical medicine are considered in the final section of the book. This book will be of interest to general practitioners, dermatologists, venereologists, neurologists, virologists and pharmaceutical students.

PAICE, C. D. - INFORMATION RETRIEVAL AND THE COMPUTER
Series: Computer Monographs, Vol. 26
MacDonald and Jane's Publishers Ltd., London, 1977
X+206 pp., tables, £5.95

Starting from a statement of basic aims and principles, the account leads on to a discussion of the main methods and problems involved in practical and experimental systems. Information Retrieval is thus presented as a coherent whole while ideas and processes are presented in sufficient depth to show how a particular system or experiment might be designed. The book will be particularly valuable to anyone involved in computer science, programming, information processing or librarianship.

PANCALDI, G. (ed.) - EVOLUZIONE: BIOLOGIA E SCIENZE UMANE
Series: Serie di Filosofia
Il Mulino, Bologna, 1976
315 pp., L. 6.000

CONTENTS. - I. Le teorie dell'evoluzione biologica. - II. L'evoluzionismo filosofico. - III. Evoluzionismo e scienze umane.

PAROLINI, G. and PARIBENI, M. - TECNICA DELL'ILLUMINAZIONE
Series: Collezione di Fisica Tecnica, Vol. 3
UTET, Torino, 1977
XVI+621 pp., tables, L. 25.000

CONTENTS. - I. La luce e i suoi effetti. - II. Fondamenti di fotometria. - III. La percezione e la valutazione del colore. - IV. Misura delle grandezze fotometriche. - V. La luce diurna. Definizione e individuazione delle sorgenti di luce. - VI. Sorgenti di luce artificiale. - VII. Apparecchi d'illuminazione. - VIII. Fondamenti di tecnica dell'illuminazione. - IX. Progetto degli impianti di illuminazione. Metodi di calcolo. - X. Illuminazione di ambienti chiusi. - XI. Illuminazione degli ambienti aperti. - XII. Segnalamento ottico.

PASCH, M. and DEHN, M. - VORLESUNGEN ÜBER NEUERE GEOMETRIE
Series: Grundlehren der mathematischen Wissenschaften, Vol. 23
Springer-Verlag, Berlin, 1976 (Reprint of the 2nd edition 1926)
X+275 pp., tables, DM 60,—

CONTENTS. - I. Vorlesungen über neuere Geometrie. - II. Die Grundlegung der Geometrie in historischer Entwicklung. 1. Das Parallelenpostulat. - 2. Grundlegung der projektiven Geometrie. - 3. Die Stetigkeit. - 4. Systeme von Postulaten. - 5. Inhaltslehre.

PEBERDY, J. F., ROSE, A. H., ROGERS, H. J. and COCKING, E. C. (eds.) - MICROBIAL AND PLANT PROTOPLASTS
Academic Press, London, 1976
XII+370 pp., figs. and tables, £7.80

This collection of papers forms the Proceedings of the Fourth International Symposium on Yeast and Other Protoplasts, held in the University of Nottingham in 1975. The papers present a broad and comparative view of the properties of bacterial, fungal, yeast and higher plant protoplasts. Three papers show how enzymic methods have now been perfected enabling viable protoplasts to be readily isolated from these groups. Cell wall regeneration by such isolated protoplasts is examined in a number of detailed biochemical and fine structural studies. This comprehensive study of microbial and plant protoplasts is also directed to plant cell and tissue culture scientists, botanists and mycologists.

PERELMAN, R. (ed.) - PÉDIATRIE PRATIQUE
Le nouveau-né, le nourisson et l'enfant, Vol. 1
Maloine S.A. Editeur, Paris, 1977
1328 pp., figs. and tables, Fr. 165

Prévu en deux tomes, cet ouvrage donne une vue complète de la pédiatrie: pathologie, explorations paracliniques, thérapeutique.

CONTENTS. - I. Le nouveau-né. 1. Données de base en périnatologie. - 2. Orthopédie néo-natale. - 3. Ostéochondrodysplasies reconnaissables à la naissance. - 4. Urgences chirurgicales néo-natales. - 5. Maladies infectieuses du nouveau-né. - 6. Hématologie néo-natale. - 7. Tube digestif - Ictères. - 8. Cardiopathies chez le nouveau-né. - 9. Appareil urinaire. - 10. Endocrinologie néo-natale. - 11. Pathologie du système nerveux et des muscles. - 12. Dermatologie néo-natale. - 13. Pathologie générale. - II. Le nourrisson et l'enfant. 1. Génétique. - 2. Oto-rhino-laryngologie. - 3. Ophtalmologie. - 4. Stomatologie. - 5. Hématologie. - 6. Pathologie des glandes endocrines. - 7. Pathologie du système nerveux et des muscles. - 8. Psychiatrie.

PIASER, A. - POUR UNE SOCIOLOGIE SCIENTIFIQUE
Series: Interaction: l'homme et son environnement social, Vol. 9
Mouton Publishers, The Hague, 1976
XXXVIII+303 pp., tables, Dfl. 41,—

CONTENTS. - I. Structure de l'explication scientifique et analyse conceptuelle. 1. Aux sources de la conceptualisation. - 2. Langages et critères de codification. - 3. Modélisation et mouvement de généralisation. - 4. Incomplétude ou incertitude. - 5. Structure générale de l'analyse conceptuelle. - 6. Pertinence systématique et observationnelle. - 7. Conclusions. - II. Le rapport entre théorie et observation dans les recherches sociologiques. 1. Le fossé entre la théorie sociologique et l'observation. - 2. Théorie sociologique des matrices comportamentales. - 3. Définition critique de la démarche du sociologue. - 4. Analyse conceptuelle d'une enquête sociologique. - 5. Structure et limites de l'analyse de contingence. - 6. Conclusions.

POLLARD, J. H. - A HANDBOOK OF NUMERICAL AND STATISTICAL TECHNIQUES
Cambridge University Press, Cambridge, 1977
XVI+349 pp., tables, £13.50

This handbook is designed for experimental scientists, particularly those in the life sciences. It is for the non-specialist, and although it assumes only a little knowledge of statistics and mathematics, those with a deeper understanding will also find it useful. The book is directed at the scientist who wishes to solve his numerical and statistical problems on a programmable calculator, mini-computer or interactive terminal. The volume is also useful for the user of full-scale computer systems in that it describes how the large computer solves numerical and statistical problems.

PONT, J.-C. - LA TOPOLOGIE ALGÉBRIQUE DES ORIGINES À POINCARÉ
Series: Bibliothèque de Philosophie Contemporaine
Presses Universitaires de France, Paris, 1974
X+197 pp., tables, No price stated

Ce livre s'adresse-t-il non seulement aux mathématiciens qui désirent connaître l'origine de cette grande discipline, mais encore à tous les esprits curieux d'histoire et de philosophie des sciences.

CONTENTS. - Préface, by R. TATON. - I. Les origines. 1. Les pseudo-précurseurs. - 2. Les précurseurs. - II. Les jeunes années. 1. Les premiers pas dans le monde: l'oeuvre de J. B. Listing. - 2. La topologie au service de l'analyse. - 3. La topologie au service de la géométrie. - 4. La topologie au service de l'analyse (*suite*). - 5. 'Analysis situs' et physique mathématique. - Réflexions sur l'histoire des mathématiques.

PORTIS, A. M. and YOUNG, H. D. - LA FISICA DI BERKELEY
Laboratorio, 3 Vols.
Matematica e statistica, Meccanica, Fluidi, Vol. 1
Strumenti elettronici, I campi, Elettroni e campi, Circuiti elettrici, Elettronica dei semiconduttori, Acustica, Vol. 2

Ottica delle microonde, Ottica con i laser, Fisica atomica, Fisica nucleare, Vol. 3
Zanichelli Editore, Bologna, 1977
XII+100, XIV+250, and XII+124 pp., tables, L. 2.900, L. 5.800, and L. 3.400 respectively

POULET, H. and MATHIEU, J. P. - VIBRATION SPECTRA AND SYMMETRY OF CRYSTALS
Gordon and Breach Science Publishers Ltd., London, 1976
XIV+571 pp., tables, £26.00

CONTENTS. - 1. Symmetry Properties of Crystals. - 2. The Internal Structure of Crystals. - 3. Elements of Crystal Dynamics. - 4. Symmetry of Vibrations. - 5. Principal Vibrations of Crystals. - 6. The Classical Theory of the Optical Phenomena. - 7. Phonons and Photons. - 8. Interactions of Radiation with Matter. - 9. Selection Rules Related to the Symmetry for Principal Vibrations. - 10. Absorption and Scattering Spectra of Higher Order. - 11. Experimental Data: Applications of the Theory. - Appendix A. Elements of Group Theory. - Appendix B. Matrix Representations of a Finite Group. - Appendix C. Irreducible Representations of the 32 Crystallographic Groups. - Appendix D. Symmetry Coordinates. - Appendix E. Representations of the Translation Group. - Appendix F. Symmetry of Vibrational Modes of a Crystal in the Group of the Wave Vector. - Appendix G. Determination of the Dispersion Curves.

PRÉVOT, A. R. - BIOSYNTHÈSE BACTÉRIENNE DU MÉTHANE ET DES PÉTROLES POUR L'AN 2000
Maloine S.A. Editeur, Paris, 1977
100 pp., Fr. 45

Dans les deux parties de cet opuscule, l'auteur étudie les espèces bactériennes en cause, expose les choix à faire pour obtenir les rendements les plus élevés dans les temps les plus courts, propose les programmes de recherches qui doivent être réalisés dans ce but par l'association intime de bactériologistes spécialisés et d'ingénieurs-constructeurs, appuyés sur des Sociétés industrielles pouvant et sachant investir en connaissance de cause.

PRICE, J. P. - LIE GROUPS AND COMPACT GROUPS
Series: London Mathematical Society Lecture Note Series, Vol. 25
Cambridge University Press, Cambridge, 1977
IX+177 pp., £4.95

CONTENTS. - 1. Analytic Manifolds. - 2. Lie Groups and Lie Algebras. - 3. The Campbell-Baker-Hausdorff Formula. - 4. The Geometry of Lie Groups. - 5. Lie Subgroups and Subalgebras. - 6. Characterisations and Structure of Compact Lie Groups.

RADWIN, G. E. and D'ATTILIO, A. - MUREX SHELLS OF THE WORLD
An Illustrated Guide to the Muricidae
Stanford University Press, Stanford (Cal.), 1976
XI+284 pp., figs. and tables, $35.00

The book offers detailed descriptions, range data, and synonymy for 390 species of Muricidae, 15 of them described here for the first time. Over 450 specimens are illustrated in full color, and another 62 are illustrated in black-and-white photos or wash drawings. Of particular interest to specialists are the 179 line drawings, showing radula, protoconch, or intritacalx, and the many innovations in classification based on radular dentition. The Introduction treats the place of the Muricidae in the phylum, the history and problems of systematic study, the anatomical features characterizing the family, the general distinctions between the five muricid subfamilies, the process of shell formation and coloration, the purple dye obtained (especially in classical times) from many muricid species, reproduction and life history, feeding, behavior, and the fossil record. An appendix identifies the specimens examined and illustrated; the volume also includes Glossary, Bibliography, and Index.

RAGHAVAN, V. - EXPERIMENTAL EMBRYOGENESIS IN VASCULAR PLANTS
Series: Experimental Botany: An International Series of Monographs, Vol. 10
Academic Press, London, 1976
x+603 pp., figs. and tables, £21.00

This book opens with a section that traces the development of the embryo from its unicellular beginnings and discusses its structure, nutrition, biochemistry, morphology and physiology. The results obtained from embryo culture are reviewed at this stage and notably those regarding the relationships between nutrition and metabolism and between the structure and function of the embryos. The two following sections are concerned respectively with adventive embryogenesis and the alternatives that exist for a developed seed — namely, to remain dormant or to germinate. Numerous line drawings and half tones are used throughout to elucidate the text and are a striking feature of the work.

RECHCIGL, M. JR. (ed.) - NUTRIENT ELEMENTS AND TOXICANTS
Series: Comparative Animal Nutrition, Vol. 2
S. Karger, Basel, 1977
x+210 pp., tables, SFr. 98.—

CONTENTS. - 1. The Chemical Element Needs of Animals, by E. BEERSTECHER. - 2. Metabolism of the Major Mineral Elements (Ca, P, Mg, S and also Fe) in Relation to Requirements, by D. P. CUTHBERTSON. - 3. Trace Elements in Animals, by R. B. WILLIAMS. - 4. Activity Spectrum of Ingested Toxicants, by T. D. LUCKEY.

RODDA, J. C. (ed.) - FACETS OF HYDROLOGY
Series: Wiley-Interscience Publications
John Wiley and Sons, Chichester, 1976
XVI+368 pp., figs. and tables, £19.50

CONTENTS. - 1. Hydrological Mapping, by G. A. MCKAY. - 2. Remote Sensing and its Application to Hydrology, by D. R. WIESNET. - 3. Nuclear Methods, by D. B. SMITH. - 4. Snow and Ice, by J. MARTINEC. - 5. New Methods of River Gauging, by R. W. HERSCHY. - 6. Sediment, by R. B. PAINTER. - 7. Water Quality, by A. JAMES.

- 8. Infiltration: Its Simulation for Field Conditions, by F. X. DUNIN. - 9. Solute Transport in Groundwater Systems, by J. D. BREDEHOEFT, H. B. COUNTS, S. G. ROBSON and J. B. ROBERTSON. - 10. Basin Studies, by J. C. RODDA. - 11. Statistical Methods for the Study of Spatial Variation in Hydrological Variables, by R. T. CLARKE. - 12. Law Relating to Water, by F. HODGES. - 13. International Aspects of Hydrology, by J. NEMEC.

ROLAND, J.-C. and ROLAND, F. - ATLAS DE BIOLOGIE VÉGÉTALE
Organisation des plantes à fleur
Masson, Paris, 1977
108 pp., figs. and tables, No price stated

CONTENTS. - 1. Apex racinaire et rhizogenèse. - 2. Différenciation dans la racine. - 3. Point végétatif caulinaire. - 4. Différenciation dans la feuille et la tige. - 5. Tissus primaires. - 6. Zones génératrices et tissus secondaires. - 7. Reproduction sexuée: tendances évolutives. - 8. Mise à fleur. - 9. Etamine et pollen. - 10. Carpelle et ovule. - 11. Embryogenèse et graine.

RYDBERG, P., JÖNSSON, G., ELMQUIST, A. and LANGEMAR, A. M. - THE HISTORY BOOK
Peace Press, Culver City (Cal.), 1974
152 pp., tables, No price stated

Accenting the lives of the «common people», *The History Book* traces the development of socio-economic class structure from the Middle Ages to today. Complementing different view of history with creative use of color, documentary stills, comic strips, photographs and imaginative drawings, *The History Book* makes history as alive as the people who lived it.

SAHLINS, M. - THE USE AND ABUSE OF BIOLOGY
An Anthropological Critique of Sociobiology
Tavistock Publications Ltd., London, 1976
XV+120 pp., £1.95

CONTENTS. - I. Biology and Culture. 1. Critique of the Vulgar Sociobiology. - 2. Critique of the Scientific Sociobiology: Kin Selection. - II. Biology and Ideology. 3. Ideological Transformations of « Natural Selection ». - 4. Folk Dialectics of Nature and Culture.

SALZANO, F. M. (ed.) - THE ROLE OF NATURAL SELECTION IN HUMAN EVOLUTION
North-Holland, Amsterdam/American Elsevier, New York, 1975
XIII+439 pp., tables, £46.95

CONTENTS. - 1. Introduction, by F. M. SALZANO. - I. Molecular Variation: Findings and Interpretation. 2. Scientific Hypotheses, Natural Selection and the Neutrality Theory of Protein Evolution, by F. J. AYALA. - 3. Evolutionary Rates in Proteins and the Cost of Natural Selection: Implications for Neutral Mutations, by W. M. FITCH. - 4. Rates of Biochemical and Chromosomal Changes in the Vertebrates, by S. OHNO. - 5. Enzyme Polymorphisms and the Neutral Hypothesis of Molecular Evo-

lution, by H. HARRIS. - II. Hominid Evolution. 6. Long or Short Hominid Phylogenies? Paleontological and Molecular Evidences by P. V. TOBIAS. - III. Population Structure. 7. Models of Population Structured and Reality, by J. S. FRIEDLAENDER. - 8. Kinship, Fitness and Evolution, by N. E. MORTON. - 9. Fertility Differentials and their Significance for Human Evolution, by J. GOMILA. - 10. Frequency-dependent and Density-dependent Natural Selection, by B. CLARKE. - IV. Causal Factors in the Distribution of Quantitative and Qualitative Traits. 11. Natural Selection and Human Morphology, by T. BIELICKI. - 12. Interpopulation Variability in Polymorphic Systems, by F. M. SALZANO. - 13. Selection and the Blood Group Polymorphisms, by T. E. REED. - 14. ABO Blood Groups, the HL-A System and Diseases, by F. VOGEL. - 15. G6PD and Abnormal Hemoglobin Polymorphisms - Evidence Regarding Malarial Selection, by A. G. MOTULSKY. - V. The Nature of our Genetic Load. 16. Adaptation and Genetic Load, by N. FREIRE-MAIA. - 17. The Genetic Consequences of Inbreeding, by L. D. SANGHVI. - 18. The Load due to Chromosome Abnormalities in Man, by P. A. JACOBS. - VI. The Role of Culture. 19. The Study of «Natural» Selection in Man: Last Chance, by J. V. NEEL. - 20. Fertility, Mortality and Culture: the Changing Pattern of Natural Selection, by D. F. ROBERTS. - 21. Cultural and Biological Adaptation in Man, by J. HUIZINGA. - VII. An Attempt at a Synthesis. 22. Some Key Problems in the Study of Natural Selection in Man, by F. M. SALZANO and all contributors.

SANTALÒ, L. A. - INTEGRAL GEOMETRY AND GEOMETRIC PROBABILITY
Series: Encyclopedia of Mathematics and its Applications, Vol. 1
Addison-Wesley Publishing Company, Reading (Mass.), 1976
XVII+404 pp., tables, $19.50

CONTENTS. - I. Integral Geometry in the Plane. 1. Convex Sets in the Plane. - 2. Sets of Points and Poisson Processes in the Plane. - 3. Sets of Lines in the Plane. - 4. Pairs of Points and Pairs of Lines. - 5. Sets of Strips in the Plane. - 6. The Group of Motions in the Plane: Kinematic Density. - 7. Fundamental Formulas of Poincaré and Blaschke. - 8. Lattices of Figures. - II. General Integral Geometry. 9. Differential Forms and Lie Groups. - 10. Density and Measure in Homogeneous Spaces. - 11. The Affine Groups. - 12. The Group of Motions in E_n. - III. Integral Geometry in E_n. 13. Convex Sets in E_n. - 14. Linear Subspaces, Convex Sets, and Compact Manifolds. - 15. The Kinematic Density in E_n. - 16. Geometric and Statistical Applications; Stereology. - IV. Integral Geometry in Spaces of Constant Curvature. 17. Noneuclidean Integral Geometry. - 18. Crofton's Formulas and the Kinematic Fundamental Formula in Noneuclidean Spaces. - 19. Integral Geometry and Foliated Spaces; Trends in Integral Geometry.

SARACINO, D. H. and WEISPFENNING, V. B. (eds.) - MODEL THEORY AND ALGEBRA
A Memorial Tribute to Abraham Robinson
Series: Lecture Notes in Mathematics, Vol. 498
Springer-Verlag, Berlin, 1975
VIII+463 pp., DM 37,—

This volume, a memorial tribute to Abraham Robinson, is preceded by a biography of the scientist and by a bibliography of over 135 papers. Of particular interest is the first draft of a lecture which was due by Robinson on Algorithms on Algebra.

SCHERER, E. (ed.) - STRAHLENTHERAPIE
Radiologische Onkologie
Springer-Verlag, Berlin, 1976
XXIV+800 pp., figs. and tables, DM 160,—

CONTENTS. - 1. Physikalisch-methodische Grundlagen, by J. RASSOW. - 2. Die klinischen Applikationsverfahren zur Erzielung einer geeigneten räumlichen Dosisverteilung, by H. KUTTIG. - 3. Die klinischen Applikationsformen mit umschlossenen und offenen Nucliden (einschl. Strahlenschutz), by M. BUSCH and M. W. STRÖTGES. - 4. Bestrahlungsplanung, by H. SACK and H.-K. LEETZ. - 5. Biologische Grundlagen der Strahlentherapie, by C. STREFFER. - 6. Operation, Bestrahlung, Chemotherapie und Organisationsfragen, by E. SCHERER. - 7. Tumorausbreitung, by H. SACK. - 8. Dokumentation, by H. KAUFMANN. - 9. Die Strahlentherapie gutartiger Erkrankungen, by F. HESS. - 10. Spezielle Strahlentherapie der malignen Tumoren. - 11. Maligne Systemerkrankungen, by K. MUSSHOFF and J. SLANINA. - 12. Sachverzeichnis.

SEMMELWEIS, I. PH. - COME LAVORA UNO SCIENZIATO
Eziologia, concetto e profilassi della febbre puerperale
Series: Collana di Metodologia delle scienze e di Filosofia del linguaggio, Vol. 7
Armando Armando Editore, Roma, 1977
136 pp., L. 2.500

CONTENTS. - Introduzione, by D. ANTISERI. - 1. La mortalità è più elevata nel primo reparto. - 2. La teoria delle influenze epidemiche atmosferico-cosmico-telluriche. - 3. La teoria del sovraffollamento. - 4. La teoria dell'infestazione del locale e una prima 'teoria psicologica'. - 5. Una teoria 'sociologica': la teoria delle visite mal condotte; una seconda teoria 'psicologica'; e la teoria dello sforzo fisico delle puerpere. - 6. Confutazione di una ulteriore serie di teorie correnti. - 7. Una prognosi confermata e la morte dei neonati. - 8. Nascite 'stradali', parti 'prematuri'; ed esclusione del 'contagio'. - 9. Commissioni statali e confusione tra epidemia ed endemia. - 10. La morte del prof. Kolletschka e la teoria risolutrice. - 11. Una adeguata terapia. - 12. Due 'casi tragici' costringono ad ampliare la teoria. - 13. Una statistica sui decessi dal 1784 al 1848 come ulteriore conferma della teoria.

SHRYOCK, R. H. - STORIA DELLA MEDICINA NELLA SOCIETÀ MODERNA
Series: Collana di storia della scienza e della tecnica, Vol. 2
ISEDI, Milano, 1977
XII+301 pp., tables, L. 10.000

CONTENTS. - 1. Primi tentativi di scienza medica: 1600-1700. - 2. Il parziale insuccesso della medicina: 1700-1800. - 3. Le cause sociali del ritardo della medicina all'inizio del '700. - 4. Rinnovato progresso verso una scienza oggettiva: 1750-1800. - 5. La medicina al servizio del benessere pubblico: 1750-1800. - 6. La scienza durante il Romanticismo: 1800-1850. - 7. Medicina e 'scienze di base'. - 8. Medicina e scienze matematiche. - 9. La nascita della medicina moderna: 1800-1850. - 10. L'influsso della medicina francese in Europa e in America: 1820-1850. - 11. La medicina moderna in Germania: 1830-1880. - 12. La medicina e il movimento per la salute pubblica: 1800-1890. - 13. La medicina perde la fiducia

dell'opinione pubblica. - 14. Le conquiste dell'eziologia: 1880-1930. - 15. I limiti dell'eziologia: 1900-1935. - 16. La medicina riconquista la fiducia del pubblico. - 17. Il ritardo della psicopatologia. - 18. Le trasformazioni sociali e la prassi medica: 1880-1930. - 19. L'assicurazione contro le malattie negli Stati Uniti. - 20. La medicina contemporanea e le sue ripercussioni sociali.

SKINNER, F. A. and HUGO, W. B. (eds.) - INHIBITION AND INACTIVATION OF VEGETATIVE MICROBES
Series: The Society for Applied Bacteriology Symposium Series, Vol. 10
Academic Press, London, 1976
XIII+378 pp., figs. and tables, £12.00

CONTENTS. - 1. The Inactivation of Vegetative Bacteria by Chemicals, by W. B. HUGO. - 2. The Inactivation of Vegetative Micro-organisms by Chemicals in the Dairying Industry, by C. M. COUSINS. - 3. Bacterial Inhibitors in Milk and other Biological Secretions, with Special Reference to the Complement/Antibody, Transferrin/Lactoferrin and Lactoperoxidase/Thiocyanate/Hydrogen Peroxide Systems, by B. REITER. - 4. Inactivation of Non-sporing Bacteria by Gases, by A. D. RUSSEL. - 5. The Antimicrobial Activity of SO_2 — with Particular Reference to Fermented and Non-fermented Fruit Juices, by S. M. HAMMOND and J. G. CARR. - 6. Inactivation by Cold, by M. INGRAM and B. M. MACKEY. - 7. Thermal Injury and Inactivation in Vegetative Bacteria, by R. I. TOMLINS and Z. J. ORDAL. - 8. Effects of Temperature on Filamentous Fungi, by J. G. ANDERSON and J. E. SMITH. - 9. Inhibition of Micro-organisms in Food by Water Activity, by L. LEISTNER and W. RÖDEL. - 10. The Inactivation of Vegetative Bacterial Cells by Ionizing Radiation, by R. DAVIES. - 11. Some Aspects of the Effects of Hydrostatic Pressure on Micro-organisms, by G. J. DRING. - 12. Inactivation of Yeast, by I. W. DAWES. - 13. The Survival of Bacteria in Toiletries, by S. A. MALCOM. - 14. Resuscitation of Injured Bacteria in Foods, by M. VAN SCHOTHORST. - 15. Inactivation of Bacteria by Freeze-drying, by I. J. BOUSFIELD and A. R. MACKENZIE. - 16. Practical and Legislative Aspects of the Chemical Preservation of Food, by B. JARVIS and C. S. BURKE.

SOMOGYI, I. K. (ed.) - AMORPHOUS SEMICONDUCTORS '76
Proceedings of the International Conference, Balatonfüred, Hungary, 20-25 September 1976
Akadémiai Kiadó, Budapest, 1977
565 pp., tables, $33.00

CONTENTS. - 1. Switching. - 2. Devices. - 3. Theory. - 4. Effect of Doping and Impurities. - 5. Optical Properties (I). - 6. Electrical Properties (I). - 7. Optical Properties (II). - 8. Electrical Properties (II). - 9. Structural Transformations. - 10. Electrical Properties (III). - 11. Structure and Characterization of Materials. - 12. Electrical Properties (IV).

SPISANI, F. - IMPLICAZIONE, ENDOMETRIA, UNIVERSO DEL DISCORSO
Centro Superiore di Logica e Scienze Comparate, Bologna, 1977
174 pp., tables, L. 6.000

CONTENTS. - 1. Dal sillogismo all'implicazione logica. - 2. Universo del discorso e calcolo delle variabili. - 3. Strutture endometriche: 'geometria' del punto-figura.

STENT, G. S. - GENETICA MOLECOLARE
Zanichelli Editore, Bologna, 1977
XII+508 pp., figs. and tables, L. 12.800

CONTENTS. - 1. L'ereditarietà. - 2. La cellula. - 3. Il metabolismo. - 4. Gli enzimi. - 5. Il gene. - 6. La mutazione. - 7. La trasformazione. - 8. La struttura del DNA. - 9. Replicazione del DNA. - 10. La coniugazione. - 11. La crescita dei fagi. - 12. La ricombinazione. - 13. La struttura fine del gene. - 14. Lisogenia e trasduzione. - 15. Modificazioni del DNA. - 16. La trascrizione del DNA. - 17. La traduzione dell'RNA. - 18. Il codice genetico. - 19. RNA come materiale genetico. - 20. Regolazione della funzione genica. - 21. Estensioni agli encarioti.

*** THE PROJECT PHYSICS COURSE
Unità 1: Il moto
Unità 3: Il trionfo della meccanica
Zanichelli Editore, Bologna, 1977
XV+319 pp., figs. and tables, L. 5.800

CONTENTS. - UNITÀ 1. Il moto. 1. Il linguaggio del moto. - 2. La caduta libera. Galileo descrive il moto dei corpi. - 3. I principi della dinamica. Newton spiega il moto dei corpi. - 4. Comprendere il moto. - UNITÀ 3. Il trionfo della meccanica. 9. Conservazione della massa e della quantità di moto. - 10. L'energia. - 11. La teoria cinetica dei gas. - 12. Le onde.

THIBAUD, P. - LA LOGIQUE DE CHARLES SANDERS PEIRCE
De l'Algèbre aux Graphes
Series: Etudes philosophiques, Vol. 1
Editions de l'Université de Provence, Aix-en-Provence, 1975
184 pp., tables, Fr. 50

CONTENTS. - I. La Logique des Propositions. 1. La Formulation Algébrique. - 2. La Formulation Graphique. - II. La Logique des 'Relatifs'. 1. La Formulation Algébrique. - 2. La Formulation Graphique. - III. La Logique de 'Seconde Intention' & Logique Modale. 1. La Logique de 'Seconde Intention'. - 2. La Logique Modale. - Conclusion: De l'Algèbre aux Graphes.

TRIGGLE, D. J. and TRIGGLE, C. R. - CHEMICAL PHARMACOLOGY OF THE SYNAPSE
Academic Press, London, 1976
X+654 pp., tables, £20.00

CONTENTS. - 1. Structure and function of the synapse. - 2. Quantitative aspects of ligand-receptor interactions. - 3. Structure-activity relationships: chemical constitution and biological activity. - 4. The molecular basis of neurotransmitter-receptor interactions. - 5. Characterization, quantitation and isolation of neurotransmitter receptors.

UVAROV, B. - GRASSHOPPERS AND LOCUSTS
A Handbook of General Acridology
Behaviour, Ecology, Biogeography, Population Dynamics, Vol. 2
Centre for Overseas Pest Research, London, 1977
x+613 pp., figs. and tables, £16.00

This second volume by the late Sir Boris Uvarov completes *Grasshoppers and Locusts*, the first volume of which was published in 1966. The present volume deals with the vast fields of behaviour and ecology with major sections devoted to the migrations and population dynamics of the main locust species.

VAN DEN ENDE, H. - SEXUAL INTERACTIONS IN PLANTS
The Role of Specific Substances in Sexual Reproduction
Series: Experimental Botany - An International Series of Monographs, Vol. 8
Academic Press, London, 1976
VIII+186 pp., figs., tables and plates, £6.80

In this monograph, discussion centres around the role and function of various substances — hormones, as well as immobile compounds — that act as mediators between sexually interacting cells. The book is presented in the form of a collection of case histories of specific fungi, algae, ferns and flowering plants, which aim to give a coherent and up-to-date picture of a particular field of research. It is intended that this volume should serve as a starting point for those studying the molecular aspects of cell interactions in plants, whether they be plant physiologists, microbiologists, cell biologists or phytochemists.

VENNETIER, P. - LES VILLES D'AFRIQUE TROPICALE
Series: Collection Géographie tropicale
Masson, Paris, 1976
192 pp., figs., tables and plates, Fr. 55

Cet ouvrage est un exposé des résultats obtenus par un grand nombre de chercheurs sur divers thèmes. Après avoir, dans une première partie, étudié le rythme et les formes de la croissance urbaine, l'auteur s'attache, dans la seconde, aux hommes et à la ville où ils habitent: formation de la population, évolution des structures démographiques, organisation de l'espace et paysages urbains. La troisième partie est consacrée aux activités économiques, aux caractéristiques des différents secteurs, tandis que le dernier chapitre examine les rapports entre la ville et son arrière-pays. ainsi que la place qu'elle occupe désormais dans la région.

WALLACE, W. A. - CAUSALITY AND SCIENTIFIC EXPLANATION
Medieval and Early Classical Science, Vol. 1
The University of Michigan Press, Ann Arbor, 1972
XII+288 pp., $12.00

Current philosophy of science is the scene of a strenous debate between logically minded and historically minded scholars, neither of whom seems able to justify the possibility of a cumulative growth of knowledge in the scientific enterprise.

In *Causality and Scientific Explanation*, Professor Wallace brings a fine intelligence and years of reflection to bear on the debate, and shows how the concept of causal explanation can contribute much to its solution.

CONTENTS. - 1. Prolegomena: Explanations and Causes. - I. Medieval Science. 2. Medieval Science at Oxford. - 3. Medieval Science at Paris. - 4. Padua and the Renaissance. - II. Early Classical Science. 5. The Founders of Classical Science.

WANONO, E. - SYNTHÈSE DES TECHNIQUES THÉRAPEUTIQUES VERTÉBRALES
Ostéopathie, Chiropractic, Chirothérapie
Librairie Maloine S.A., Paris, 1977
191 pp., figs., Fr. 120

Cet ouvrage est uniquement destiné aux praticiens (médecins, ostéopathes, chiropracteurs, kinésithérapeutes) qui traitent ou qui se destinent à la médecine naturelle et aux manipulations vertébrales. L'auteur de cet ouvrage met à la disposition de ses confrères et des spécialistes de cette médecine manuelle, les fruits de trente années d'expérience quotidienne. Il y expose toute la technique de la chiropractie américaine comparée à l'ostéopathie.

WEGELIUS, O. and PASTERNACK, A. (eds.)- AMYLOIDOSIS
Proceedings of the Fifth Sigrid Jusélius Foundation Symposium
Academic Press, London, 1976
XVI+605 pp., figs. and tables, £18.00

This book should throw valuable new light on the origins of this enigmatic disease. It will be of great interest to workers in internal medicine, rheumatology and immunology; to biochemists, and to clinical and medical researchers in related fields. Researchers in the pharmaceutical industry will find its thorough basic coverage invaluable.

WEISER, J. - AN ATLAS OF INSECT DISEASES
Dr. W. Junk b.v. Publishers, The Hague, 1977
84+240 pp., figs., Dfl. 75,—

The aim of the Atlas is to present to entomologists and insect pathologists a series of photographs representing all types of insect pathogens. The series of photographs of organisms causing diseases of insects will be of help to all biologists who try to identify the reasons why their insects die or show anomalies in their behaviour. They may help the increasing number of lecturers in insect pathology, biological control and environment protection to illustrate what they wish to demonstrate in lectures at moments when fresh material is not available.

WETHERILL, G. W. (ed.) - ANNUAL REPORT OF THE DIRECTOR DEPARTMENT OF TERRESTRIAL MAGNETISM 1975-1976
Carnegie Institution, Washington, 1976
167 pp., tables, No price stated

CONTENTS. - 1. Introduction. - 2. Galaxies and Stars. - 3. The Earth and the Solar System. - 4. Atomic Physics and Properties of Materials.

WOOTTON, R. J. - THE BIOLOGY OF THE STICKLEBACKS
Academic Press, London, 1976
x+387 pp., figs. and tables, £13.50

This book aims to present a coherent and thorough account of the biology of the three-spined stickleback; one which will enable particular studies of the species to be interpreted in the context of the known biology of the fish. The biology of other members of the stickleback family is also discussed, both for its intrinsic interest and as further background for continuing studies on the three-spined stickleback. This valuable reference work will be welcomed by students, teachers and research workers in zoology and related disciplines.

YAKOWITZ, S. J. - COMPUTATIONAL PROBABILITY AND SIMULATION
Series: Applied Mathematics and Computation, Vol. 12
Addison-Wesley Publishing Company, Reading, 1977
xxiii+240 pp., tables, $12.50

The purpose of this volume is to help students and other readers strengthen their intuitive grasp of probability theory through computer experimentation while becoming acquainted with the principles of simulation technology. In connection with the second aim, both by discussion and by example, the reader is taught how to use the computer to obtain long sequences of numbers which are indistinguishable from data that might have been gathered from some probabilistic phenomenon. Analysis of these data supports the first aim in that it will help the student understand the implications and importance of the deeper results of probability theory. *Computational Probability and Simulation* is of potential interest to anyone who is currently enrolled in or has completed a first course in probability and wishes to see examples of probability theory in action. This book will be of special importance to students and practitioners in any of the many fields of applied mathematics, engineering, operations research, and management science wherein simulation technology has become a major instrument for model analysis and decision making.

ZWEERS, G. A., GERRITSEN, A. F. CH., and VAN KRANENBURG-VOOGD, P. J. - MECHANICS OF FEEDING OF THE MALLARD
(*Anas platyrhyncos* L.; Aves, Anseriformes)
Series: Contributions to Vertebrate Evolution, Vol. 3
S. Karger, Basel, 1977
vii+109 pp., figs. and tables, SFr. 51.—

The present study focuses on the straining of the mallard. Surface structures of mouth cavity and tongue are described from microsections. Movement analyses of bones, food and water are made by cineradiography, cinefilm and strain gauge recordings. Electromyograms are transposed in relative muscle forces along working lines for each muscle.

Copyright by SCIENTIA - All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of SCIENTIA.

SCIENTIA si pubblica 3 volte all'anno: Luglio, Ottobre, Dicembre. Ogni numero è di circa 400 pagine.
Gli articoli si pubblicano nella lingua dell'autore e nelle traduzioni integrali italiana e inglese.
Tutti gli abbonamenti partono da Gennaio e devono essere pre-pagati.
Abbonamento in Italia: 1 anno Lire 18.000 - Una copia Lire 8.500. Copia di saggio Lire 2.000.
Gli ordini possono essere effettuati attraverso la vostra libreria o direttamente
all'Amministrazione di Scientia o sul c/c postale N. 3-20176 Scientia - 20122 Milano

SCIENTIA is published three times a year: July, October, December. Each number containing about 400 pages. All articles published in the author's own language will have an English translation as well as an Italian one.
All subscriptions commence from January and must be pre-paid.
Subscriptions Europe: 1 year Lire 24.000 - Other countries: 1 year US $40.00
Single copy Lire 10.000 or US $14.00. Specimen copy Lire 2.500 or US $3.50
Please apply all orders through your Newsagent or directly to
Scientia - Via Guastalla, 9 - 20122 Milano, Italy

SCIENTIA pubblica soltanto articoli esplicitamente richiesti dalla Direzione.
SCIENTIA publishes only articles expressly commissioned by the Management.

Representatives abroad:

Austria - Gerold & Co., Graben 31, A-1011 Wien. – **Central America** - Stechert MacMillan, Inc. - 7250 Westfield Av., Pennsauken N.J. 08110. – **Far East** - Maruzen Company, Ltd. - P.O. Box 605, Tokyo Central. – **Germany** - H. Bouvier u. Co. - Am Hof 32, D 5300 Bonn – **Mexico** - Stechert MacMillan, Inc. - 7250 Westfield Av., Pennsauken N.J. 08110. – **Portugal** - Livraria Fernando Machado - Rua das Carmelitas 15, Oporto. – **Spain** - Libreria Editorial Augustinus - Gaztambide 75, Madrid 15. – **Switzerland** - Librairie Payot S.A. - Rue de Bourg 1, Lausanne. – **U.S.A.** - Stechert MacMillan, Inc. - 7250 Westfield Av., Pennsauken N.J. 08110. – **U.S.S.R.** - Mezhdunarodnaja Kniga - Kusnetskij Most 18, Moscow G-200.

SCIENTIA - VIA GUASTALLA, 9 - 20122 MILANO - TELEFONO 780.669